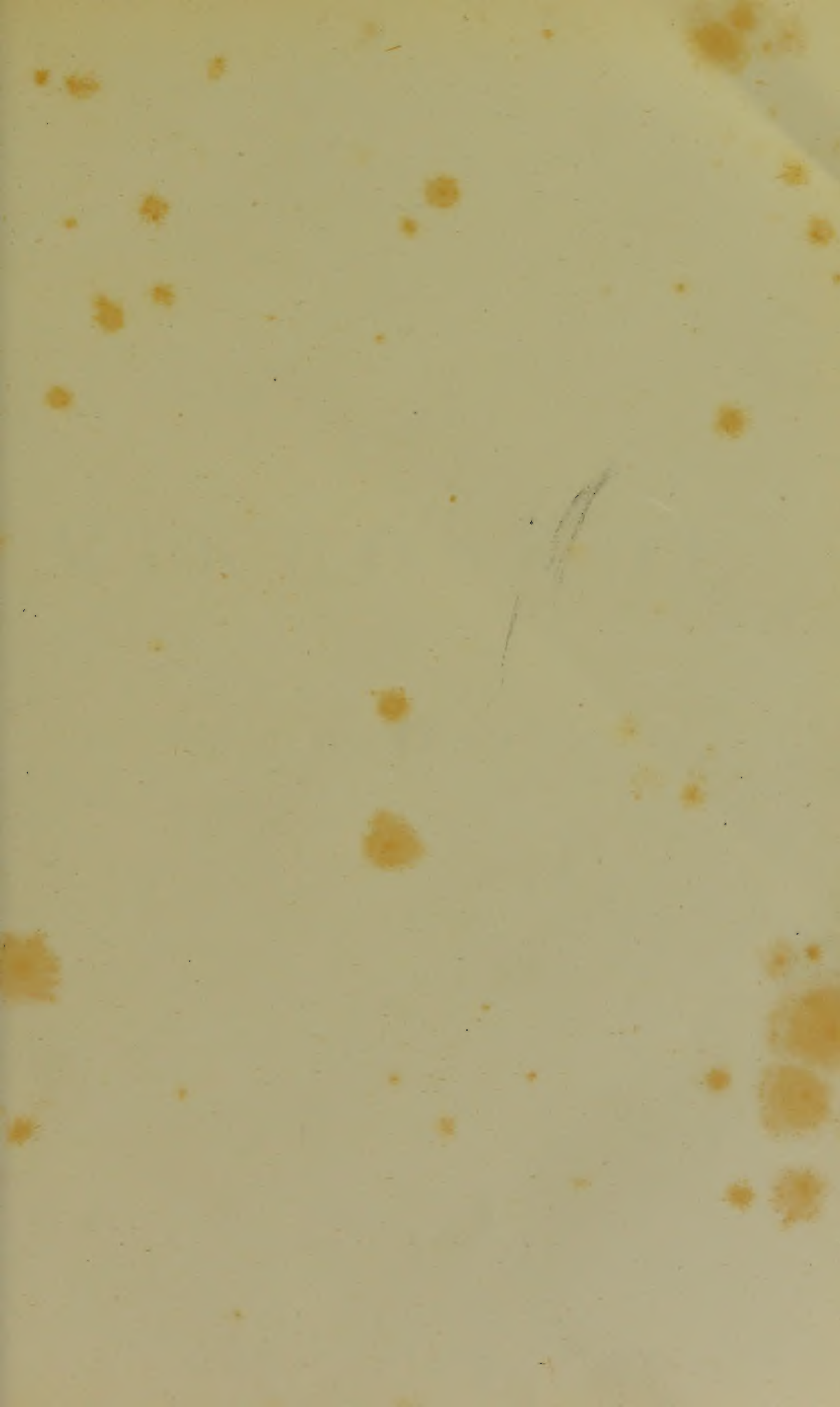






DAS

MIKROSKOP

UND

SEINE ANWENDUNG.

Holzstiche
aus dem xylographischen Atelier
von Friedrich Vieweg und Sohn
in Braunschweig.

Papier
aus der Papier-Fabrik
der Gebrüder Vieweg zu Wendhausen
bei Braunschweig.

DAS

MIKROSKOP

UND

SEINE ANWENDUNG

VON

DR. LEOPOLD DIPPEL.

ERSTER THEIL.

Bau, Eigenschaften, Prüfung, gegenwärtiger Zustand, Gebrauch (Allgemeines) u. s. w.

MIT 240 IN DEN TEXT EINGEDRUCKTEN HOLZSTICHEN UND EINER TAFEL IN FARBENDRUCK.

BRAUNSCHWEIG,

DRUCK UND VERLAG VON FRIEDRICH VIEWEG UND SOHN.

1867.

4447

Die Herausgabe einer Uebersetzung in französischer und englischer Sprache, sowie in anderen modernen Sprachen wird vorbehalten.

VORREDE.

Das Manuscript zu diesem ersten Theile war schon vor mehr als drei Jahren zum Drucke fertig und wurde dessen Erscheinen, ehe das Werk aus anderen Händen in die des jetzigen Herrn Verlegers übergegangen war, lediglich durch fremde Schuld und gegen meinen Willen verzögert.

So wird sich denn mein Buch, dem diese Verzögerung in Bezug auf seinen inneren Werth wohl mehr zum Vortheil als zum Nachtheil gereicht haben dürfte, — abgesehen von den, theilweise durch Uebersetzungen auch in unserem Vaterlande verbreiteten Erzeugnissen fremdländischer Literatur — neben mehreren, während der letzten Jahre erschienenen, von deutschen Forschern bearbeiteten Schriften ähnlichen Inhaltes Bahn zu brechen haben.

Diese letzteren verfolgen indessen entweder nur bestimmte Zwecke, wie das in vielen Beziehungen vortreffliche Werkchen von Nägeli und Schwendener: „Das Mikroskop, seine Theorie etc.“, erster Theil, welches streng mathematischer Begründung der Theorie des Mikroskopes und der mikroskopischen Wahrnehmung dienen will, oder es sind dieselben, wie „Das Mikroskop etc.“ von Frey, für die Praxis enger begrenzter Kreise (Mediciner) berechnet, und behandeln das Allgemeine in weniger genügendem Umfange.

Meine in diesem Bande vorliegende, durch eine mehr als funfzehnjährige Erfahrung auf dem Felde pflanzenhistiologischer und damit Hand in Hand gehender — freilich nur zu meiner eigenen Orientirung auf dem Gebiete der Zellenlehre unternommener — zoohistiologischer Beobachtung unterstützte Arbeit ist dagegen der

fremdländischen Literatur gegenüber für rein deutsche Verhältnisse und für den weitesten, allgemeinen Gebrauch des praktischen Mikroskopikers bestimmt. Sie soll namentlich dem Studirenden und dem ohne specielle Anleitung eines Lehrers sich heranbildenden Beobachter, dem naturwissenschaftlichen Lehrer an höheren Schulanstalten, dem praktischen Arzte und dem Pharmaceuten, für welche das Mikroskop täglich mehr und mehr an Bedeutung gewinnt, als sicherer Führer dienen, und ihnen, unter Ausschluss allen nicht zu verwerthenden Beiwerkes, eine allseitig möglichst umfassende, allgemein verständliche Anleitung zur Kenntniss und Prüfung des Mikroskopes, der Nebenapparate und Hilfsmittel, sowie der Untersuchungsmethoden im Allgemeinen gewähren. Und so darf ich denn wohl hoffen, dass dieselbe auch heute noch nicht ohne den von mir erstrebten Nutzen für die Förderung der Wissenschaft und ihrer Jünger sein und eine ihrem Zwecke entsprechende Verbreitung finden werde.

Das Ziel, das ich mir gesteckt, musste natürlich Form und Gehalt der einzelnen Abschnitte bestimmen, worüber der ausführliche Prospect das Nähere angibt. Ob ich dabei immer und überall das Richtige getroffen, wird das Urtheil des betreffenden Leserkreises zu entscheiden haben, dem ich das Buch mit dem Wunsche übergebe, dass es Jedem, welcher darnach greift, ein zuverlässiger Rathgeber und treuer Führer werden und namentlich auch dazu beitragen möge, den Jugendlehrer in die geheime Werkstätte der Natur einzuführen, damit dieselbe seinen Schülern für die Zukunft nicht mehr eine fast völlig verschlossene oder doch nur trübe fliessende Quelle geistiger Bildung bleibe!*)

Idar, im Juni 1866.

Leopold Dippel.

---

*) Die wenigen störenden Druckfehler bitte ich vor dem Gebrauche zu berichtigen.

Inhaltsverzeichniss des ersten Bandes.

Erster Abschnitt.

Das einfache Mikroskop.

Zweiter Abschnitt.

Das zusammengesetzte Mikroskop.

Dritter Abschnitt.

Das optische Vermögen des Mikroskopes und dessen Prüfung.

Vierter Abschnitt.

Zur Kenntniss der neueren Mikroskope.

Fünfter Abschnitt.

Mikroskope zu besonderen Zwecken.

Sechster Abschnitt.

Nebenapparate und Hilfsmittel zur mikroskopischen Beobachtung.

Siebenter Abschnitt.

Gebrauch des Mikroskopes.

Achter Abschnitt.

Die mikroskopische Messung.

Neunter Abschnitt.

Die Anwendung des polarisirten Lichtes bei der mikroskopischen Beobachtung.

Zehnter Abschnitt.

Zeichnung und Aufbewahrung mikroskopischer Präparate.

ERSTER ABSCHNITT.

DAS EINFACHE MIKROSKOP.

I. Optische Grundsätze.

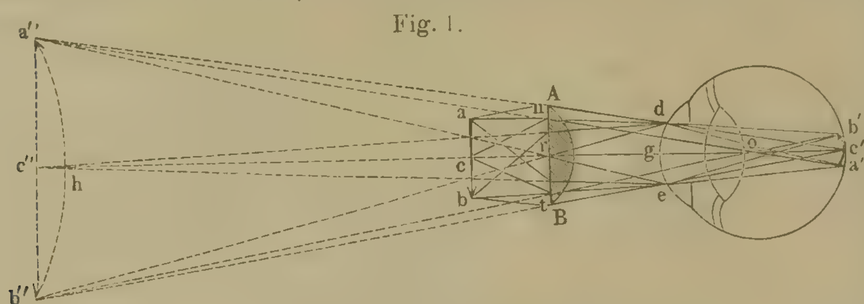
Aus den Lehren der Physik ist bekannt, dass die scheinbare Grösse eines Gegenstandes von der Grösse des Gesichtswinkels abhängig ist, unter welchem derselbe gesehen wird, und dass wir, wenn dieser Winkel unter eine gewisse Grösse (welche annähernd eine halbe Bogenminute beträgt) hinabsinkt, keinen deutlichen oder auch gar keinen Gesichtseindruck mehr von dem betreffenden Gegenstande erhalten. Recht kleine Gegenstände bringen wir daher näher an das Auge, als wir dies gewöhnlich zu thun pflegen, um eben dadurch eine Vergrösserung des Gesichtswinkels herbeizuführen. Einer solchen Annäherung des Gegenstandes und der damit verbundenen Vergrösserung des Gesichtswinkels ist aber eine gewisse Grenze gesteckt, welche in der beschränkten Accommodationsfähigkeit des Auges ihren Grund hat. Diese Grenze, welche der Nahepunkt genannt wird, ist zwar für verschiedene Augen eine verschiedene, liegt beim Auge des Kurzsichtigen z. B. weit näher, bei dem des Fernsichtigen weit ferner als beim gesunden Auge. Sobald sie jedoch überschritten wird, kann von irgend einem Gegenstande kein deutliches und scharfes Bild mehr entstehen, weil die Vereinigungspunkte der von ihm ausgesendeten stark divergirenden Lichtstrahlen hinter die Oberfläche der Netzhaut zu liegen kommen. Es entstehen in Folge dessen nur Diffusionsbildchen, und die Sichtbarkeit der kleinen Objecte hat ihr Ende erreicht.

Hieraus geht hervor, dass die Annäherung über den Nahepunkt hinaus nur dann statthaft wird, wenn man ein Mittel anwendet, wodurch die Richtung der von dem Gegenstande aus stark divergirenden Strahlen derart geändert wird, dass sie in nahezu paralleler oder doch nur wenig divergirender Richtung in das Auge gelangen. Als ein solches Mittel

kann nun aber jede Sammellinse dienen, innerhalb deren Brennweite sich der betreffende Gegenstand befindet. Die Sammellinse bildet daher die Grundlage des einfachen Mikroskopes, und es lassen sich die Grundsätze für dessen optischen Bau ganz und gar auf die Wirkungsweise jener zurückführen.

Um die Wirkung, welche eine vor das Auge gebrachte Sammellinse bei der Betrachtung kleiner Gegenstände ausübt, zu erläutern, möge folgende Darstellung (Fig. 1) dienen. Stellt *AB* eine Sammellinse, *ab* einen

Fig. 1.



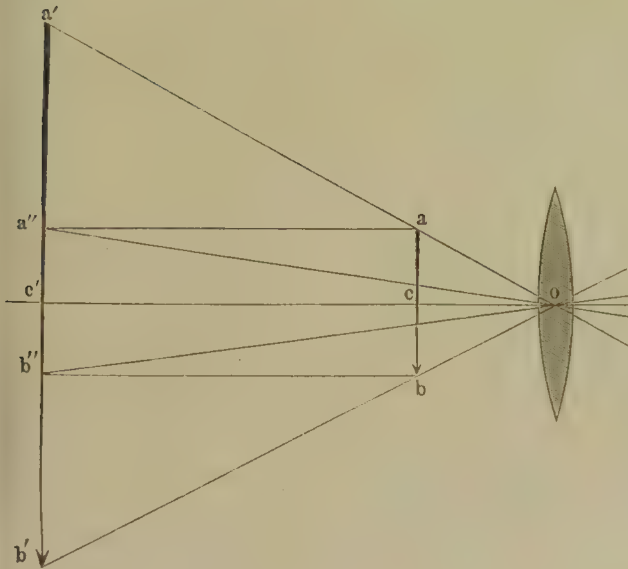
Gegenstand vor, welcher sich innerhalb der Brennweite befindet, so gehen die von den Punkten *a* und *b* ausfahrenden, durch den Mittelpunkt der Linse tretenden Strahlen ungebrochen durch dieselbe hindurch. Alle auf die übrigen Punkte der Linsenoberfläche treffenden und aus derselben austretenden Lichtstrahlen dagegen divergiren so, als ob sie von den Punkten a'' und b'' des Scheinbildes ausgegangen wären. Der vor der Linse befindliche Gegenstand wird nur vollkommen deutlich und scharf gesehen, sobald sich das Bild $a''\,b''$ in einer der deutlichen Sehweite entsprechenden Entfernung von dem Auge befindet und demgemäss die mittelst der Linse gebrochenen Strahlen sich auf der Netzhaut des Auges zu dem verkehrten Bildchen $a'\,b'$ vereinigen. Im Wesentlichen liegt also die sichtbarmachende Kraft der Sammellinse darin, dass sie es gestattet, den zu betrachtenden Gegenstand dem Auge sehr nahe zu bringen, ohne dass die Schärfe des von ihm entstehenden Netzhautbildchens leidet. Wie durch die Linse die Vergrösserung des Gesichtswinkels hervorgebracht wird, geht gleichsam aus Betrachtung der Figur hervor, wenn man von den Endpunkten des Gegenstandes und des Bildes aus Strahlen nach dem Kreuzungspunkte *o* im Auge zieht und die Grösse der dadurch gebildeten Winkel *aob* und $a''ob''$ vergleicht.

Die scheinbare Vergrösserung, welche durch eine einfache Sammellinse von einem Gegenstande bewirkt wird, hängt sonach hauptsächlich von dem Grade ab, bis zu welchem derselbe, während man noch ein deutliches Bild von ihm erhält, dem Auge genähert und der Gesichtswinkel vergrössert werden kann. Sie wird daher eine je nach der Beschaffenheit des Auges verschiedene, für den Kurzsichtigen mindere, für den Weitsichtigen stärkere, niemals eine absolute sein.

Um dieselbe — was unter Umständen wünschenswerth sein kann —

zu bestimmen, muss die Grösse des Gesichtswinkels, unter welchem das in der Entfernung des deutlichen Sehens liegende Bild dem Auge erscheint, mit der Grösse desjenigen verglichen werden, unter welchem der ebenso weit vom Auge entfernte Gegenstand gesehen werden würde. Jener Winkel lässt sich jedoch nur dann genau ermitteln, wenn die Entfernung des optischen Mittelpunktes der Linse vom Kreuzungspunkte des Auges genau bekannt ist. Hält man aber das Auge dicht hinter die Linse und kann man ausserdem die Dicke der Linse als unbedeutend vernachlässigen, so lässt sich, ohne einen merklichen Fehler zu veranlassen, der Kreuzungspunkt des Auges als mit dem optischen Mittelpunkte zusammenfallend ansehen, und es ist unter dieser Voraussetzung die Vergrösserung leicht zu berechnen. Es erscheint nämlich nun (Fig. 2) das Bild $a'b'$ von o aus gesehen unter dem Winkel $a'ob'$, während der Gegenstand ab bei gleicher Entfernung unter dem Winkel $a''ob''$ wahrgenommen würde. Demnach ist, wenn wir mit v die Vergrösserung bezeichnen, $v = \frac{\sphericalangle\, a'ob'}{\sphericalangle\, a''ob''}$. Zur Berechnung dieses Quotienten dient die trigonometrische Tangente, welche sich aus den Dreiecken $a'oc'$ und $a''oc'$ ergiebt. Es ist nämlich $tg\,\frac{a'oc'}{2} = \frac{a'c'}{oc'}$, $tg\,\frac{a''oc'}{2} = \frac{a''c'}{oc'}$, und hieraus durch Division:

Fig. 2.



$$v = \frac{a'c'}{a''c'},$$

oder, da $a''c' = ac$ ist,

$$v = \frac{a'c'}{ac}, \text{ und}$$

da aus geometrischen Gründen $\frac{a'c'}{ac} = \frac{oc'}{oc}$

$$v = \frac{oc'}{oc} = \frac{d}{e},$$

wenn mit d die Entfernung des deutlichen Sehens, mit e die Entfernung des Gegenstandes von o bezeichnet wird.

Nach der Lehre der Optik besteht aber zwischen der Entfernung des Bildes, hier zusammenfallend mit der deutlichen Sehweite d, der Entfernung des Gegenstandes e und der Brennweite f der Linse folgende Gleichung:

$$\frac{1}{e} - \frac{1}{d} = \frac{1}{f},$$

woraus

$$e = \frac{df}{d + f}$$

wird. Setzt man diesen Werth für e in den obigen Quotienten ein, so erhält man:

$$v = \frac{d + f}{f}.$$

Es wird sonach die Vergrösserung einer einfachen Sammellinse gefunden, wenn man die Summen aus der natürlichen Sehweite und der Brennweite der Linse durch die letztere dividirt. Ist z. B.

$$d = 250^{\mathrm{mm}}$$
$$f = 20^{\mathrm{mm}}$$

so wird

$$v = \frac{270}{20} = 13{,}5 \text{ mal.}$$

Hieraus ist leicht ersichtlich, dass, weil d eine constante Zahl ist und der Summand f nur wenig Einfluss äussert, die Vergrösserung wächst, je kleiner der Nenner des Quotienten, d. h. je kleiner die Brennweite der Linse wird.

Die Ermittelung der Brennweite ist dieser Folgerung gemäss für eine einigermaassen genaue Berechnung der Vergrösserung des einfachen Mikroskops nicht ohne erhebliche Wichtigkeit, und wir müssen derselben unsere Aufmerksamkeit hier um so mehr zuwenden, als die letztere, wenn auch nur für einzelne Fälle, so doch immerhin erforderlich werden kann. Nun lässt sich die Brennweite zwar jedesmal berechnen, wenn man den Brechungsindex des Mittels, aus welchem die Linse besteht, sowie den Krümmungshalbmesser ihrer Oberfläche kennt. Da es indessen nicht immer möglich ist, bei kleinen Linsen, wie sie zu dem Mikroskope verwendet werden, den letzteren so genau zu ermitteln, dass er der Berechnung zu Grunde gelegt werden kann, so muss man seine Zuflucht zu mehr praktischen Verfahrungsweisen nehmen.

Bei Linsen von ziemlich grosser, nicht unter 10 bis 15^{mm} herabgehender Focaldistanz erreicht man seinen Zweck mit der genügenden Genauigkeit durch folgende einfache Verfahrungsweisen:

1. Man lässt das Bild der Sonne, deren Strahlen man unbedenklich als parallel ansehen kann, durch die Linse auf einen Schirm fallen und misst die Entfernung, bei welcher dieses Bildchen am schärfsten und kleinsten erscheint. Addirt man zu dieser Entfernung noch jene von der Linsenoberfläche bis zu dem optischen Mittelpunkte, so giebt die erhaltene Summe die Grösse der Brennweite an.

2. Man bringt die Linse zwischen eine Kerzenflamme und einen Schirm und bewegt die erstere so lange vor- und rückwärts, bis das Bild der Flamme die grösste Schärfe und Deutlichkeit zeigt. Hierauf misst man die Entfernung der Linse von dem Bilde sowie von der Flamme, multiplicirt die erhaltenen Zahlenwerthe mit einander und dividirt das

Product durch deren Summen. Der Quotient giebt dann die Grösse der Brennweite an. Setzt man demnach die Entfernung der Linse von der Flamme $= E$, von dem Bilde $= e$, so ist die Brennweite:

$$f = \frac{E \times e}{E + e}.$$

Hat man Linsen von kürzerer Brennweite, so reichen diese Methoden zur Bestimmung der Brennweite nicht mehr aus, weil bei der geringen Entfernung der Fläche, auf welcher das Bild entworfen wird, von der Linse diese nicht mehr mit der nöthigen Genauigkeit gemessen werden kann. In diesem Falle muss man zu anderen die erforderliche Genauigkeit sichernden Methoden greifen. Einige derselben, welche von einzelnen Mikrographen (Harting und H. v. Mohl) empfohlen wurden, sind für die allermeisten praktischen Mikroskopiker rein unausführbar, weil ihnen die dazu nothwendigen Apparate in der Regel nicht zur Hand sind. Ich kann dieselben daher hier füglich ganz übergehen. Dagegen will ich eine leichte und ohne schwer zugängliche, fremde Apparate auszuführende Methode zur genauen Bestimmung der Brennweite auch solcher Linsen von sehr kurzer Focaldistanz mittheilen, die von Harting in seinem Mikroskop (S. 100) empfohlen ist; dieselbe beruht darauf, dass man mittelst der Linse, deren Brennweite bestimmt werden soll, das Bild eines Mikrometers auf einem Schirme auffängt, welcher sich in einer bekannten Entfernung von ihr befindet. Die betreffende Linse verwendet man dabei, unter Anwendung einer intensiven, am besten Sonnenbeleuchtung, als Objectiv eines zusammengesetzten Mikroskops, dessen Ocular man aus der Röhre genommen und durch ein mattes Glas ersetzt hat. Ist auf diesem letzteren nach gehöriger Einstellung ein scharfes Bild des als Object dienenden Mikrometers erzeugt worden, so misst man die Grösse einer oder mehrerer Scalentheile und findet daraus die Vergrösserung, welche die Linse bei der bekannten Entfernung gewährt. Um nun aus diesem Ergebniss die Brennweite zu berechnen, muss man noch die Entfernung des Mikrometers von der Linse kennen, welche gefunden wird, wenn man die bekannte Grösse eines Scalentheiles mit der Entfernung des Bildes von der Linse multiplicirt und das Product durch die Bildgrösse eines gleichen Scalentheiles dividirt. Die wahre Brennweite ergiebt sich dann, wenn die Entfernung des Bildes von der Linse mit der gefundenen Entfernung des Mikrometers von der Linse multiplicirt und das Product durch die Summe beider dividirt wird.

Sei z. B. ein in $^{1}/_{10}{}^{\text{mm}}$ getheiltes Ocularmikrometer als Object benutzt und das bei 180^{mm} Rohrlänge erhaltene Bild von 10 Scalentheilen zu 10^{mm} gemessen, so ist die Entfernung des Mikrometers von der Linse $= \frac{180 \times 1}{10} = 18^{\text{mm}}$, und daraus die Brennweite $= \frac{180 \times 18}{180 + 18} = 16{,}36^{\text{mm}}$.

Für stark vergrössernde Linsen bedarf es indessen der letzteren Rechnung kaum mehr, weil dabei der Unterschied zwischen der Brennweite und

dem Abstande von dem Objecte so unbedeutend ist, dass er ohne merklichen Fehler ganz vernachlässigt werden kann.

Hat man nach dieser letzten Methode einmal die Brennweite nur einer einzigen Linse genau ermittelt, so können diejenigen anderer Linsen leicht durch vergleichende Bestimmungen auf folgende Weise gefunden werden. Man verwendet zunächst jene Linse, deren Brennweite man schon kennt, als Objectiv eines zusammengesetzten Mikroskops (wozu man sich die betreffende Einrichtung leicht anfertigen oder anfertigen lassen kann), in dessen Ocular man ein Mikrometer eingelegt hat, betrachtet damit ein als Object benutztes fein getheiltes Mikrometer und zählt ab, wie viel Einheiten des Ocularmikrometers einen bestimmten Theil des Objectmikrometers decken. Man gebraucht hierauf die andere Linse, deren Brennweite gefunden werden soll, an demselben Mikroskope (wobei möglichst genau immer dieselbe Entfernung zwischen dem Ocular und dem optischen Mittelpunkt der Linse eingehalten werden muss) und zählt nun die Einheiten des Ocularmikrometers ab, welche einen dem vorigen gleichen Theil des Objectmikrometers decken. Aus diesen Daten lässt sich das Verhältniss der Vergrösserungen beider Linsen, und da die vergrössernde Kraft mit der Brennweite in umgekehrtem Verhältnisse steht, auch diese durch Rechnung finden. Hätte man z. B. die Brennweite der ersten Linse — wie oben — zu 16,36^{mm} gefunden und hätten bei ihr 5 Theile des Ocularmikrometers 8 Theile des Hunderttheile des Millimeters angebenden Objectmikrometers gedeckt, während bei der zweiten Linse zur Deckung der gleichen Anzahl Intervalle des letzteren Mikrometers 13 Theile des ersteren erforderlich gewesen wären, so würde sich die vergrössernde Kraft beider Linsen wie 1 : 2,6 verhalten und die Brennweite der zweiten sich aus der Proportion $1 : 2{,}6 = x : 16{,}36$ nahezu als $= 6{,}3^{mm}$ ergeben.

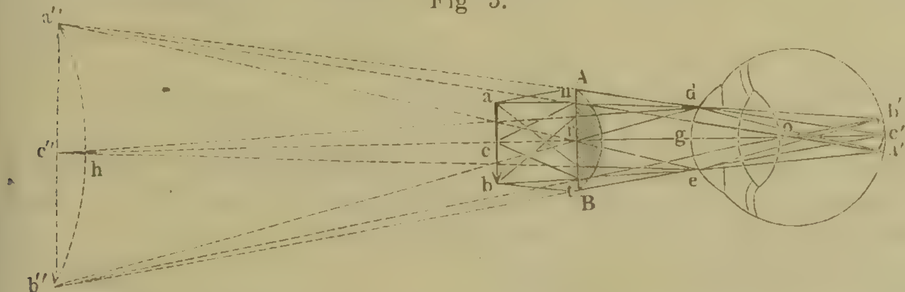
Für die meisten praktischen Zwecke braucht man indessen keineswegs diese etwas umständlichen Verfahrungsweisen zur Bestimmung der Vergrösserung der Linsen eines einfachen Mikroskopes einzuschlagen, da eben dieses Instrument heut zu Tage kaum mehr für mikroskopische Messungen und dergleichen verwendet werden möchte, wofür allerdings eine genaue Kenntniss jenes Factors des optischen Vermögens erforderlich sein würde. Es genügt in der Regel, wenn man die Vergrösserung mittelst Doppeltsehens oder mit Zuhülfenahme irgend einer Zeichenvorrichtung nach einer derjenigen Methoden bestimmt, auf welche wir im dritten Abschnitte zurückkommen werden.

Ausser der Vergrösserung kommen bei den als einfaches Mikroskop benutzten Linsen noch folgende optische Factoren in Betracht: Ebenung und Grösse des Gesichtsfeldes, eine möglichst gleichmässige Vergrösserung des Gegenstandes auch in seinen Randtheilen, dann der Grad der Helligkeit und endlich die Deutlichkeit des Bildes.

Was nun die beiden ersteren Punkte anbelangt, so ist eine vollstän-

dige Ebenung des Gesichtsfeldes sowie eine gleichmässige Vergrösserung bei dem einfachen Mikroskope niemals zu erreichen. Da nämlich der Brennpunkt einer Sammellinse deren Oberfläche um so näher rückt, je weiter der betreffende leuchtende Punkt — von dem optischen Mittelpunkte aus gerechnet — von ihrer Achse entfernt ist, so sieht man leicht ein, dass die von den ausserhalb der optischen Achse gelegenen Punkten

Fig 3.



des Gegenstandes ausgehenden Strahlen (Fig. 3) sich weiter entfernt von der Linsenoberfläche schneiden müssen, als diejenigen, welche von dessen Mitte ausgehen, dass somit das scheinbare Bild in einer gekrümmten Fläche liegt, deren convexe Seite $a''hb''$ der Linse zugewendet ist, und dass seine Randtheile am stärksten vergrössert werden. Zur Verminderung dieser Eigenschaft der Linse dienen vorzugsweise diejenigen Mittel, durch welche man auch die Verbesserung der beiden Abweichungen erreicht.

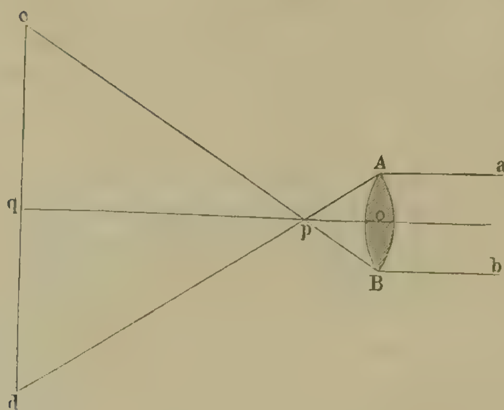
Die Grösse des Gesichtsfeldes ist von zwei Umständen abhängig, erstlich von der Entfernung der Linse vom Auge und dann von deren Oeffnung. In erster Beziehung gilt im Allgemeinen als Regel, dass das Gesichtsfeld einer Linse um so ausgedehnter wird, d. h. dass man einen um so grösseren Theil eines Gegenstandes mittelst derselben zu übersehen vermag, je näher dieselbe dem Auge gebracht ist. Es wird daher auf diesen Umstand bei der später zu besprechenden Fassung der Linsen Rücksicht zu nehmen sein. Die Oeffnung einer Linse kann, wenn man deren Brennweite einmal bestimmt hat und entweder der Durchmesser der Linse oder jener von deren unbedecktem Theile gemessen werden kann, leicht durch Rechnung gefunden werden, indem der halbe Oeffnungswinkel in einem rechtwinkligen Dreiecke erscheint, das den halben Durchmesser und die Brennweite als Katheten enthält (Fig. 4, a. f. S.). Wäre der Oeffnungswinkel $= 0$, die Brennweite $= f$, der Durchmesser der Linse $= d$, so ist

$$tg\tfrac{1}{2}0 = \tfrac{1}{2}d : f = \frac{d}{2f}.$$

Ist der Durchmesser der Linse indessen so klein, dass er nicht mehr mit genügender Schärfe bestimmt werden kann, so lässt sich derselbe leicht auf folgende Weise ermitteln. Man lässt durch eine kleine Oeffnung in dem Laden eines verdunkelten Raumes die Strahlen der Sonne auf die Linse fallen und fängt das Diffusionsbildchen der Sonne auf einem in einiger Entfernung hinter der Linse aufgestellten Schirm auf. Misst man dann

den Durchmesser $cd = D$ des Lichtkreises und die Entfernung $og = E$ des Schirmes von der Linse, so findet, wie aus der Fig. 4 ersichtlich ist,

Fig. 4.



zwischen den drei nun bekannten Grössen und dem Durchmesser der Linse folgende Proportion statt:

$$D : d = E - f : f,$$

und daraus wird:

$$d = \frac{D \cdot f}{E - f}.$$

Hätte man z. B. gefunden: $E = 30^{mm}$, $D = 15^{mm}$, $f = 5^{mm}$, so wäre

$$d = \frac{15 \cdot 5}{25} = 3^{mm},$$

und daraus würde sich berechnen:

$$tg \frac{1}{2} 0 = \frac{3}{10}, \text{ somit } 0 = 33^0\,22' \text{ (circa).}$$

Die Oeffnung, welche man der einfachen Linse geben darf, unterliegt immer gewissen Beschränkungen, da dieselbe bei starken Vergrösserunge nohnehin nicht sehr bedeutend sein kann und ausserdem noch durch das Diaphragma verkleinert wird. Die Ausdehnung des Gesichtsfeldes wird also in dieser letzteren Beziehung immer in gewisse Grenzen eingeschlossen bleiben müssen.

Die Helligkeit des Bildes hängt, abgesehen von der Beleuchtung, des Objects, zunächst von dem Durchmesser der gebrauchten Linse ab indem man (bei den kleinen hier in Betracht kommenden Linsen), ohne einen merkbaren Fehler zu begehen, annehmen darf, dass der Durchmesser des Lichtkegels, welcher durch die Linse von jedem Punkte des Objects ins Auge gelangt, gleich dem Durchmesser der Linse sei. Da nun die Schnittflächen der Lichtkegel sowie der Linsen Kreise bilden, so verhalten sich diese und damit die in das Auge gelangenden Lichtmengen wie die Quadrate der Linsendurchmesser. Um aber einen Maassstab für die wirkliche Erhellung des Objects bei der Betrachtung durch eine Linse zu haben, muss man die Erhellung desselben Gegenstandes beim Sehen mit blossem Auge damit vergleichen. Diese gleich 1 und jene gleich h, den Linsendurchmesser $= D$, den Durchmesser der Pupille $= \delta$ gesetzt, giebt, da beim Sehen mit blossem Auge die Erhellung im quadratischen Verhältnisse mit dem Pupillendurchmesser zu- oder abnimmt, die Proportion $h : 1 = D^2 : \delta^2$, woraus

$$h = \frac{D^2}{\delta^2},$$

vorausgesetzt dass in beiden Fällen das auf der Netzhaut entstehende Bild gleich gross sei. Ist aber die Vergrösserung der Linse $= v$, so

nimmt das Bild eine v^2 mal grössere Fläche ein und es wird die Helligkeit für die Flächeneinheit $= \frac{1}{v^2}$, daraus aber $h = \frac{D^2}{v^2 \cdot \delta^2}$. Nun wurde oben $v = \frac{d+f}{f}$ gefunden, wofür wir, ohne das Resultat merklich zu beeinflussen, $\frac{d}{f}$ setzen dürfen. Es ergiebt sich sonach

$$h = \frac{D^2}{\frac{d^2}{f^2} \cdot \delta^2} = \frac{D^2 \cdot f^2}{d^2 \cdot \delta^2},$$

und dieser Werth sagt uns zugleich, dass die Helligkeit beim einfachen Mikroskope mit der Verkürzung der Brennweite oder, was gleich ist, mit Zunahme der Vergrösserung abnimmt. Da nun bei den stärkeren Linsen die Vergrösserung der Linsenöffnung wegen der dabei eintretenden sphärischen sowohl als chromatischen Abweichung in gewisse Grenzen eingeschlossen ist, so folgt daraus, dass bei dem einfachen Mikroskope für eine passende und hinreichende Beleuchtung der Objecte gesorgt werden muss, worauf wir in dem Nachfolgenden zurückzukommen haben werden.

Die Deutlichkeit des Bildes ist dadurch bedingt, dass die von jedem Punkte des Gegenstandes ausgehenden Lichtstrahlen wiederum genau in einem einzigen Punkte des ersteren vereinigt werden. Diese Bedingung wird aber durch die bekannten Abweichungsfehler, welche in der Zerstreuung der verschiedenfarbigen Strahlen, sowie in der durch die Kugelgestalt der Linse bewirkten Ablenkung in der Richtung ihren Grund haben und als chromatische und sphärische Abweichung bekannt sind, nicht ganz erfüllt. Es besitzt das Linsenbild daher eigentlich niemals die volle Deutlichkeit, welche beim Sehen mit blossem Auge erreicht wird. Man kann jedoch dieser Deutlichkeit mehr oder minder nahe kommen, wenn man die geeigneten Mittel anwendet, um beide Abweichungen in möglichst hohem Grade zu verbessern. Die chromatische Abweichung lässt sich bei einfachen Linsen nicht ganz aufheben und man kann dieselbe nur dadurch vermindern, dass man den Randtheil, am welchem die Farbenzerstreuung am stärksten hervortritt, durch Bedeckung mittelst einer Blendung abschneidet. Es kommt diese Abweichung indessen bei dem einfachen Mikroskope auch wenig in Betracht, da sie hier das Bild lange nicht so stark beeinträchtigt, als wenn solche Linsen als Objectivsysteme eines zusammengesetzten Mikroskops benutzt werden. Weit wichtiger dagegen ist die Verbesserung der sphärischen Abweichung, weil diese die Deutlichkeit des Bildes immer in ziemlich hohem Grade vermindert. Die Verbesserung dieser Abweichung kann nun auf folgende Weisen erreicht werden.

Erstens wird dieselbe dadurch bedeutend vermindert, dass man der Linse eine entsprechende, durch verschiedene Krümmungen der beiden Oberflächen zu erreichende Form giebt. Die beste Form, welche man einer doppeltconvexen Linse von gewöhnlichem Glase geben kann, ist aber

die, bei der sich ihre beiden Krümmungshalbmesser zu einander verhalten wie 1 : 6. Dieser ziemlich nahe kommt die planconvexe Linse, wenn man die ebene Seite dem Gegenstande zuwendet.

Zweitens kann man die Oeffnung der Linse beschränken, indem man die Randtheile, nach denen hin die sphärische Abweichung immer mehr zunimmt, während sie gegen die Mitte auf ein Minimum herabsinkt, abschneidet. In der einfachsten Weise geschieht dies durch Diaphragmen, d. h. durch in der Mitte durchbohrte, geschwärzte Plättchen. Man kann denselben Zweck indessen auch noch auf andere Weise erreichen, worauf wir bei der Betrachtung der Lupe (S. 12, Fig. 8. u. 9) zurückkommen werden.

Ein drittes Mittel zur Verbesserung der sphärischen Abweichung besteht darin, dass man mehrere schwächere Linsen so mit einander vereinigt, dass sie zusammen gleich einer stärker gekrümmten einfachen Linse wirken. Hierdurch wird nämlich die Vergrösserung erhöht, ohne dass die sphärische Abweichung in demselben Verhältnisse zunimmt. Nebenbei wird auch durch solche Linsencombination, welche je nach der Anzahl der einfachen Linsen den Namen Doublet, Triplet u. s. w. führen, die Farbenabweichung gehoben.

Würde man statt des Glases stärker brechende Substanzen anwenden, so liesse sich die Brennweite der Linsen verkürzen, ohne eine sehr bedeutende Vermehrung der Krümmung zu verlangen, und man könnte bei gleichbleibender Abweichung weit stärkere Vergrösserungen erhalten. Solche Dienste könnten die Edelsteine, namentlich der Diamant und Sapphir, leisten. Es kommen diese Materien indessen jetzt weniger in Betracht, da man das einfache Mikroskop nur noch zur Präparation verwendet und die daraus geschliffenen Linsen daher kaum mehr den hohen Preis, den man dafür bezahlen müsste, belohnen dürften.

Jede einfache Linse sowohl, als jede Linsencombination, die gleich einer einfachen Linse wirkt, können als einfaches Mikroskop gebraucht werden. In der Praxis unterscheidet man indessen zwischen Lupe und einfachem Mikroskop im engeren Sinne. Unter der ersteren versteht man in der Regel die schwächer vergrössernden Linsen, die bei ihrer Anwendung kein besonderes Stativ mit Beleuchtungsapparat, Objecttisch und Einstellvorrichtung verlangen, während man unter dem letzteren solche Instrumente versteht, bei denen neben schwächeren auch stärker vergrössernde Linsen und Linsencombinationen an einem besonderen, mehr oder minder vollkommen eingerichteten Stativ gebraucht werden. Obwohl dieser Unterschied ein ziemlich willkürlicher ist, so wollen wir ihn doch hier um der Praxis willen festhalten.

II. Die Lupe.

Die Lupe ist ein für den Mikroskopiker höchst wichtiges Werkzeug, welches namentlich im Stande ist, denselben bei der Voruntersuchung sei-

ner Objecte, so wie bei deren Vorbereitung zu der eigentlichen Untersuchung wesentlich zu unterstützen. Es sollte dieser daher streben, das Instrumentchen immer in möglichster Vollkommenheit zu besitzen und seine Ansprüche an dasselbe nie zu sehr herabstimmen. Obwohl die Anforderungen, welche man an die Lupe stellt, sich verschieden gestalten je nach den speciellen Zwecken, zu denen sie dienen soll, so lassen sich doch einige allgemeine Bedingungen hervorheben, denen eine gute Lupe entsprechen soll, welche ich der Beschreibung derselben in Kürze vorausschicken will.

Eine gute Lupe soll bei einer fünf- bis zwanzigfachen Vergrösserung erstens ein recht scharfes und deutliches Bild gewähren, zweitens ein grosses Gesichtsfeld und drittens einen solchen Abstand vom Objecte besitzen, dass diesem nicht allein kein Licht entzogen wird, sondern dass man auch ohne Einschränkung unter ihr Zergliederungen mittelst kleiner Messerchen oder mittelst der Präparirnadeln vorzunehmen im Stande ist.

Was nun zunächst den optischen Apparat der Lupe betrifft, so geht aus dem Früheren klar hervor, dass die beiderseits gleich stark gekrümmten Sammellinsen geradezu verworfen werden müssen, weil dieselben bei der starken sphärischen Abweichung nur für den mittleren Theil des Gesichtsfeldes ein scharfes und tadelloses Bild gewähren, während dasselbe gegen die Ränder zu mehr und mehr verzerrt erscheint. Weit geeigneter sind die einfachen Linsen von der besten Form (S. 9) und fast gleich gut die planconvexen Linsen, mit welchen man für alle Fälle ausreicht, wo eine nur schwache Vergrösserung gefordert wird. Will man die Vergrösserung verstärken, so kann man zu diesem Zwecke zwei planconvexe Linsen übereinanderschieben.

Bei dem Gebrauche der planconvexen Linse als Lupe hat man besonders auf ihre relative Stellung gegen das Object zu achten. Für genaue Untersuchungen oder Zergliederungen muss dem letzteren immer die ebene Seite zugewendet werden, weil dann die sphärische Abweichung am meisten gehoben erscheint. Ist bei dieser Stellung auch das Gesichtsfeld etwas kleiner, als wenn man die gekrümmte Seite gegen das Object kehrt, so gewähren dagegen alle in dem Felde befindlichen Theile des Gegenstandes ein gleich scharfes Bild. Werden zwei planconvexe Linsen übereinandergeschoben, wie es bei den gewöhnlichen Taschen-Doppellupen geschieht, so müssen entweder beide erhabenen Flächen gegeneinander, oder es muss die erhabene Fläche der einen Linse der ebenen Fläche der zweiten zugewendet sein. Auf dem letzteren Principe, d. h. auf der Verbindung zweier planconvexer Linsen in der Art der später näher zu betrachtenden Doublets beruhen die Frauenhofer'sche (Fig. 5) und die Wilson'sche (Fig. 6) Lupe, welche man von manchen Optikern (Hartnack, Be-

Fig. 5.

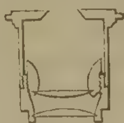
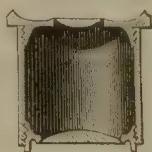


Fig. 6.



nèche, Zeiss u. A.) erhält. In beiden sind die gekrümmten Flächen der planconvexen Linsen einander zugekehrt, bei der ersten einander mehr genähert, bei der andern ferner gestellt und fest mit einander verbunden. Die letztgenannten Lupenarten geben indessen auch nur für schwache Vergrösserungen ein ganz fehlerfreies Bild. Für stärkere Vergrösserungen eignet sich dagegen die Lupe von Plössl besser, welche aus zwei achromatischen Linsen besteht, die entweder zusammen oder jede für sich gebraucht werden können. Aehnliche Lupen verfertigen auch Benèche, Schiek und Zeiss zu den Preisen von 3 bis 4 Thalern, und kann ich die von dem letztgenannten Optiker verfertigten aus eigener Erfahrung auf das Wärmste empfehlen.

Aehnlich wie die aus zwei Linsen zusammengesetzten wirken einige andere aus einem einzigen Glasstücke verfertigte Lupen, deren beide gegenüberstehende Seiten Kugelhauben von gleichem oder verschiedenem Krümmungshalbmesser bilden.

Die Cylinderlupe (Fig. 7) besteht aus einem walzenförmigen Glasstücke, dessen beide Enden Kugelabschnitte von verschiedener Krümmung bilden. Wendet man die schwächer gekrümmte Oberfläche dem Objecte zu, so giebt diese Lupe ein von der sphärischen Abweichung ziemlich freies Bild, indem durch die grössere Entfernung der beiden Flächen von einander die Randstrahlen in erforderlicher Weise abgeschnitten werden.

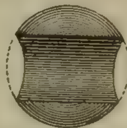
Fig. 7.



Fig. 8.



Fig. 9.

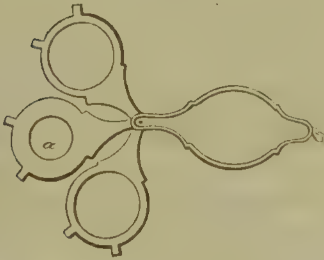


Noch etwas schärfere und reinere Bilder liefern die Coddington'sche und die Brewster'sche Lupe. Bei ihnen gehören die beiden brechenden Flächen Kugeln von gleichem Halbmesser an. Zur Beseitigung der sphärischen Abweichung ist bei der einen (Fig. 8) bis nahe ans Centrum der mittlere Theil rinnenförmig eingeschliffen, bei der andern (Fig. 9) eine gerade ringförmige Vertiefung eingeschnitten. Die drei zuletzt genannten Lupen theilen die gleichen Nachtheile mit einander, indem sie erstlich eine sehr bedeutende Annäherung an das Object verlangen und zweitens ein sehr beschränktes Gesichtsfeld besitzen. Für die Präparation kommen dieselben daher gar nicht in Betracht, dagegen haben sie den Vortheil, dass sie mit dem unteren Theile in Wasser getaucht werden können, um in demselben befindliche Gegenstände der Beobachtung zu unterwerfen.

Die Fassung der Lupe muss derart beschaffen sein, dass man das Auge der Linse möglichst nähern kann, es darf erstere daher nicht zu weit über die letztere hervorragen. Eine schüsselförmige Fassung, wie man sie bei den Doublets anwendet, möchte daher für die einfachen Linsen oder für jene Doppellinsen, die einander mehr genähert sind, die empfehlenswertheste sein, während die weiter von einander abstehenden Doppellinsen sowie die Cylinderlupen eine röhrenförmige Fassung verlangen.

Die gewöhnlichen Hand- oder Taschenlupen werden am geeignetsten in Form der Lorgnette gefasst, wobei Einrichtung getroffen sein soll, dass man entweder nur eine einzelne Linse benutzen oder zwei bis drei Linsen übereinanderschieben kann.

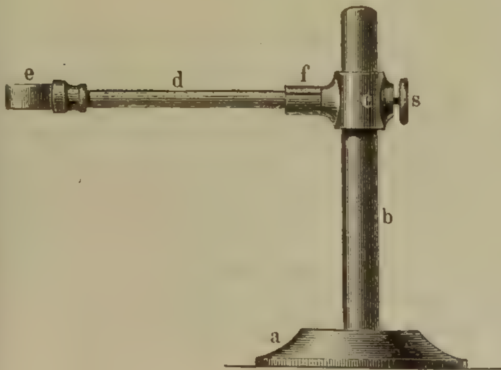
Fig. 10.



Für die Präparirlupen, die man niemals in freier Hand hält, sondern auf einem passenden Träger befestigt gebraucht, muss die Fassung mit Rücksicht auf diesen letzteren eingerichtet werden. Am besten ist dieselbe entweder ganz oder doch am unteren Ende walzenförmig, um von einem Ring des Trägers aufgenommen werden zu können. Indessen kann sich auch an der Seite der Fassung eine runde oder viereckige Oeffnung befinden, vermittelst der die Lupe auf einem entsprechenden Stäbchen verschiebbar ist, oder es mag dieselbe einen seitlichen Fortsatz haben, den man genau in eine passende Oeffnung des Trägers einfügt.

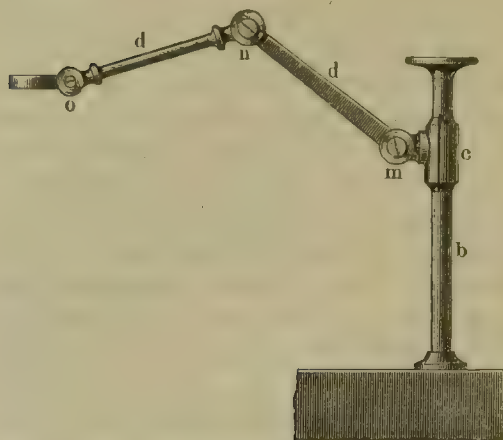
Der Lupenträger ist am besten möglichst einfach eingerichtet. Auf einen besonderen Objecttisch, sowie auf die Beleuchtung des Objects von unten kann man bei demselben um so mehr verzichten, als der ausübende Mikroskopiker für Präparation feinerer Objecte immer ein einfaches Mikroskop zur Hand haben wird, an dessen Stativ er leicht und mittelst einer einfachen Vorrichtung auch seine Lupe anzubringen vermag. Das Hauptserforderniss des Lupenträgers besteht darin, dass er eine leichte und sanfte Auf- und Abbewegung der Lupe gestattet, während diese aus der einmal gegebenen Stellung nicht durch jede leichte Berührung verrückt werden kann. Sehr gut genügt diesen Bedingungen folgende einfache Vorrichtung (Fig. 11). An einer runden, in den schweren gusseisernen Fuss *a* eingelassenen Messingstange (*b*) bewegt sich mittelst der durch eine Schraube *s* festzustellenden Hülse *c* der Metallstab *d*, welcher in dem Ringe *e* die Lupe aufnimmt und so eine sanfte Auf- und Abbewegung der letzteren, sowie ein hinreichend festes Beharren in der gegebenen Stellung gestattet. Um auch die hier und da ganz erwünschte Bewegung der Lupe in der horizontalen Ebene nicht auszuschliessen, kann man mit der Hülse *c* eine zweite etwas stark schliessende federnde Hülse *f* verbinden und in diese den runden Stab *d* ein-

Fig. 11.



stecken. Das Einzige, was diesem Lupenträger abgeht, ist eine möglichst vielseitige, indessen nur selten vermisste Beweglichkeit des horizontalen Armes. Um diese zu erlangen, wählt man zweckmässig folgende Einrichtung (Fig. 12), die sich mir recht gut bewährt hat. Der an dem Stabe *b* vermittelst einer starken federnden Hülse *c* senkrecht bewegliche Arm *d* erhält ein Charniergelenk in der Nähe der Hülse *c* bei *m*, und dann ein zweites bei *n*, während zur horizontalen Stellung der Lupe ein Kugelgelenk bei *o* angebracht wird.

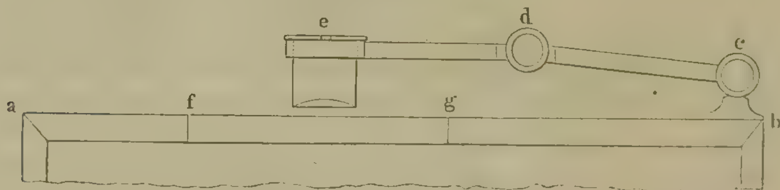
Fig. 12.



Um dem Objecte eine über die Fläche des Arbeitstisches erhöhte, zur Präparation bequeme Lage zu geben, benutzt man am besten einen 15 bis 20 Ctm. langen, etwa 10 Ctm. breiten und 6 bis 8 Ctm. hohen Klotz von glattem Holze, oder lässt gleich in diesen (Fig. 12) den Stab *b* ein.

Auch der von H. v. Mohl empfohlene Lupenträger (Fig. 13) erfüllt recht gut seinen Zweck und gestattet ausserdem, ohne erst das Object

Fig. 13.



unter ein zweites Instrument bringen zu müssen, die Beleuchtung des Gegenstandes von unten, d. h. mittelst durchfallenden Lichtes. Ein etwa 6 bis 8″ langes, 3″ breites und hohes Kästchen *ab* ist an der dem Fenster zugewandten Seite offen und enthält einen flachen, mittelst eines an der rechten Seite hervorragenden Knopfs um seine Achse beweglichen Spiegel. Bei *fg* hat dasselbe eine Oeffnung, welche mit einer Glasplatte verschlossen ist, auf welche die Objecte gelegt werden, und die Lupe *e* endlich wird von einem linkerseits angeschraubten, mit zwei Gelenken versehenen Arm *cd* getragen. Will man hier bei auffallendem Lichte präpariren, so braucht man nur die Glasplatte durch eine geschwärzte Platte zu ersetzen, auf welche der Objectträger zu liegen kommt. Ausser den beschriebenen giebt es noch eine Menge anders eingerichteter Lupenträger, welche ganz

gut ihrem Zweck entsprechen. Es kommt hierbei gar vieles auf die Individualität des Beobachters und dessen specielle Wünsche an. Wer einen einigermaassen gewandten Mechaniker in seiner Nähe hat, wird sich daher leicht seinen Lupenträger nach eigener Idee einrichten lassen können, weshalb ich alle weiteren derartigen Apparate zu beschreiben unterlasse.

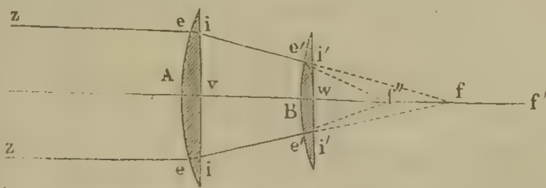
III. Das einfache Mikroskop.

Zu dem einfachen Mikroskope rechnet man alle diejenigen Instrumente, bei denen stärkere, etwa 15- bis 60fache (sogar bis 200- und 300-fache) Vergrösserungen in Anwendung kommen und wo, bei einem vollkommneren Stativ mit Objecttisch, Einrichtungen zur Beleuchtung von unten, sowie zur groben, oder zur groben und feinen Einstellung vorhanden sind.

Da es bei diesem Instrumente vorzugsweise darauf ankommt, ein scharfes und selbst für die stärkeren Vergrösserungen noch hinreichend helles Bild zu erhalten, so können bei demselben, eben der gesteigerten Vergrösserung halber, die einfachen Linsen kaum mehr zur Anwendung gelangen. Als optischer Apparat dienen vielmehr in der Regel Combinationen von zwei fest mit einander verbundenen planconvexen Linsen, sogenannte Doublets. Ja bei sehr starken, 200- bis 300fachen Vergrösserungen, welche indessen bei der gegenwärtigen Gebrauchssphäre des einfachen Mikroskopes fast nicht mehr in Betracht kommen, werden sogar dreifache Combinationen, sogenannte Triplets, verwendet.

Die Verbindung der Linsen unter einander kann in verschiedener Weise geschehen. Für unsere Zwecke wird dieselbe in der Regel nur in der Art ausgeführt, dass die Linsen einen geringeren Abstand von einander erhalten, als ihre Brennweite beträgt. Ob dieselben dabei mit ihren beiden ebenen Seiten nach unten gewendet sind, wie dies bei dem ursprünglichen Wollaston'schen Doublet der Fall, oder ob sie, wie bei den Zeiss'schen und anderen neueren Doublets, mit ihren convexen Seiten einander zugekehrt stehen, ist dabei gleichgültig, wenn nur das Ziel einer möglichsten Verbesserung der beiden Abweichungen, sowie einer grossen Oeffnung und damit parallel gehenden grösseren Lichtstärke und ausgedehnteren Gesichtsfeldes erreicht wird.

Fig. 14.



Wie die Verbindung zweier planconvexen Linsen in Bezug auf die Verkürzung der Brennweite und damit auf die Steigerung der Vergrösserung wirkt, geht aus der Betrachtung der Figur 14 hervor. Sind *A* und *B* zwei planconvexe Linsen, deren Brenn-

punkte in f und f' liegen und deren Entfernung vw kleiner ist, als vf, so treten die auf die hintere Linse A fallenden Strahlen derart convergirend aus derselben aus, dass sie sich in f zu einem Brennpunkte vereinigen würden. Nun wird aber diese Convergenz durch die zweite, vordere Linse B noch vermehrt und es vereinigen sich die Strahlen in dem beiden Linsen gemeinschaftlichen Brennpunkte f''. Dieser Punkt rückt aber der Oberfläche der vorderen Linse um so näher, d. h. es wird die Brennweite der Combination um so kleiner, je mehr die beiden Linsen einander genähert sind, und sie ist dann am kleinsten, wenn sich dieselben berühren. In diesem letzteren Falle ist die Brennweite eine solche, dass beide Linsen ebenso stark vergrössern, wie eine biconvexe Linse, deren beide Krümmungshalbmesser den Krümmungshalbmessern der beiden einzelnen Linsen gleich sind.

Die gemeinschaftliche Brennweite zweier planconvexen Linsen mit verschiedenen Brennweiten wird unter Voraussetzung der Berührung beider gefunden, wenn man das Product der beiden letzteren durch deren Summen dividirt. Bezeichnen wir die gemeinschaftliche Brennweite mit F, die beiden letzteren Brennweiten mit f und f', so ist $F = \frac{ff'}{f+f'}$.

Stehen die beiden Linsen nicht mit einander in Berührung, sondern befinden sie sich in irgend einer Entfernung von einander, so erhält man deren gemeinschaftliche Brennweite, wenn man das Product aus der Brennweite der vorderen Linse und dem Unterschiede zwischen der Brennweite der hinteren Linse und der Entfernung (e) beider Linsen durch die Summe aus diesem Unterschiede und der Brennweite der vorderen Linse dividirt. Es ist demnach

$$F = \frac{f' \times (f - e)}{f' + (f - e)},$$

wobei f' die Brennweite der vorderen, f diejenige der hinteren Linse bezeichnet. Aus dieser Formel geht zugleich hervor, dass F verschieden ausfallen muss, je nachdem man die stärkere oder schwächere Linse als vordere wählt.

Sei z. B. $f = 15^{mm}$, $f' = 10^{mm}$, $e = 5^{mm}$, so wird in einem Falle

$$F = \frac{10 \times 10}{10 + 10} = 5^{mm}.$$

im anderen Falle dagegen

$$= \frac{15 \times 5}{15 + 5} = 3{,}75^{mm}.$$

Den derart erlangten Werth der gemeinschaftlichen Brennweite darf man indessen bei der Berechnung der Vergrösserung nicht in die oben gegebene Formel $\left(\frac{d+f}{f}\right)$ einführen, weil diese sonst viel zu stark ausfallen würde. Zu jenem Behuf muss man vielmehr die Brennweite einer

äquivalenten einfachen Linse, d. h. einer solchen Linse einführen, die mit der betreffenden Linsenverbindung gleiche Vergrösserung hat. Diese Brennweite erhält man aber, wenn die Brennweiten der einfachen Linsen mit einander multiplicirt und das Product durch die um ihre wechselseitige Entfernung verminderte Summe beider dividirt wird. Es ist dieselbe mithin

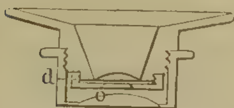
$$= \frac{f \cdot f'}{(f + f') - e},$$

würde sich also unter obigen Voraussetzungen auf $\frac{10 \,.\, 15}{15 + 10 - 5} = 7{,}5$ herausstellen.

Für die praktische Bestimmung der Vergrösserung, beziehungsweise der Aequivalentbrennweite eines Doublets gelten ganz die oben für die einfache Linse gegebenen Anweisungen.

Ausser den obengenannten besitzen die Doublets auch noch den Vortheil, dass das Gesichtsfeld weit mehr geebnet erscheint, als bei einer gleichstarken einfachen Linse, und dass dasselbe aus diesem Grunde nicht nur eine absolute, in der weiten Oeffnung begründete, sondern ausserdem eine relative Vergrösserung erlangt, indem auch an den Randtheilen das Bild hinreichend scharf und deutlich gezeichnet ist.

Fig. 15.



Was die Fassung der Linsen betrifft, so eignet sich dafür, schon wegen der nothwendigen Annäherung des Auges, die schüsselförmige Messingfassung am besten, in welche die einzelnen Linsen fest eingesetzt und durch eine Verschraubung in bestimmtem Abstande mit einander verbunden sind (Fig. 15). Die Blendung ist in der Regel mit der Fassung vereinigt und liegt entweder dicht hinter der vorderen oder dicht vor der hinteren Linse.

Fig. 16.



Eine eigenthümliche Einrichtung, welche den Doublets schon von Chevalier gegeben wurde, um einen grösseren Focalabstand zu erzielen, ist in neuerer Zeit von Brücke bei der nach ihm benannten Lupe (welche Belthle zu dem Preise von 5 bis 10 Thalern liefert) wiederum in Anwendung gebracht worden. Bei diesem Instrumentchen ist nämlich mit einem aus zwei planconvexen, mit ihren erhabenen Flächen einander zugekehrten Linsen bestehenden Doublet, das dem Objecte zugewendet ist, eine dem Auge genäherte Concavlinse so verbunden, dass sich beide in einer Entfernung von 40 bis 60^{mm} von einander befinden. Der Focalabstand erreicht bei dieser Einrichtung etwa 80 bis 100^{mm} und das Gesichtsfeld hat eine Ausdehnung von 10^{mm} im Durchschnitt. Es wird diese Vorrichtung zur Präparation immer nur eine sehr beschränkte Anwendung finden, indem der allerdings wünschens- und schätzenswerthe Vortheil des grossen

Focalabstandes durch die neben einer stets nur mässigen Vergrösserung hergehende geringe Ausdehnung des Gesichtsfeldes wieder aufgehoben wird.

Das Stativ des einfachen Mikroskops lässt mancherlei Abänderungen zu. Die Hauptgrundsätze indessen, welche bei seinem Bau in Folge des Zweckes, zur Präparation gröberer sowohl als feinerer Objecte zu dienen, maassgebend sein dürften, lassen sich im Folgenden zusammenfassen.

Erstens: Die Höhe soll weder zu bedeutend noch zu gering sein, weil in dem ersteren Falle die Hand zu weit von dem Arbeitstische abstehen würde, was auf die Präparation störend einwirkt, im anderen Falle aber ein zu starkes Neigen des Kopfes nöthig wäre, was wiederum vierlerlei Unbequemlichkeit nach sich zieht. Nach meinen Erfahrungen ist, wenn das Mikroskop auf seinem Kästchen oder auf dem gleich zu beschreibenden Präparirklotz aufgeschraubt ist, eine Höhe des Objecttisches von etwa 150^{mm} über dem Arbeitstische für Kopf und Hand die bequemste.

Um die Hände beim Präpariren bequem aufstützen zu können, benutzt man einen schweren hölzernen (eichenen) Klotz (Fig. 18), welcher in der Mitte das Mikroskop aufgeschraubt erhält und daselbst wegen des Beleuchtungsapparates und der Einstellschrauben etwas eingeschnitten wird. Die rechte und linke Seitenfläche fallen schief ab, indem sie an den dem Objecttisch zugewandten Seiten eine demselben bis auf etwa 2 Centimeter nahekommende Höhe haben, an den äusseren Enden dagegen nur noch etwa 4 bis 5 Centimeter hoch sind. Zur Länge giebt man den Seitenflächen etwa 25, zur Breite 15 Centimeter, und rundet sämmtliche Kanten etwas ab. Sind diese letzteren Dimensionen zu klein, so erhält man immer nur eine ungenügende Stützfläche.

Zweitens muss der Objecttisch feststehen und eine solche Grösse haben, dass man auf demselben leicht alle nöthigen Präparationen vornehmen, Objectträger von erforderlicher Grösse benutzen und dieselben ohne Beschränkung drehen kann. Unter 50 bis 60^{mm} im Quadrat sollte derselbe eigentlich nie gross sein. Er ist am besten eben und wenn Federklammern angebracht sind, so müssen diese zum Einstecken am hinteren Ende eingerichtet und nicht auf dem Tische festgeschraubt sein. Die Oeffnung ist unter allen Umständen hinreichend, wenn sie 15 bis 20^{mm} Durchmesser hat.

Drittens bedarf das einfache Mikroskop eines geeigneten Beleuchtungsapparates, der auch bei stärkeren Vergrösserungen noch hinreichend Licht gewährt. Am zweckmässigsten ist ein ebener Spiegel, über welchem, um für die starken Vergrösserungen noch hinreichende Erhellung zu erhalten, eine nach der Seite zu drehende Sammellinse angebracht ist.

Viertens muss das Stativ eine hinreichend bequeme und solide Vorrichtung zur Einstellung besitzen. Für die meisten Fälle genügt hier eine grobe Einstellung, welche entweder durch Zahn und Trieb oder durch Verschiebung des Linsenträgers in senkrechter Richtung bewirkt werden kann. Will man stärkere Vergrösserungen gebrauchen, so ist es gut,

wenn auch eine feine Einstellschraube angebracht ist. In jedem Falle muss aber mittelst der Einstellvorrichtung die Linse dem Object genähert und von demselben entfernt, niemals der Objecttisch bewegt werden.

Von den älteren Stativen des einfachen Mikroskopes sind mir nur die von Chevalier in Paris und von Körner in Jena, sowie von Plössl in Wien bekannt. Alle drei stimmen in ihrer Einrichtung so ziemlich überein und haben auch denselben Fehler, dass die Einstellung durch Auf- und Abwärtsbewegen des Objecttisches bewerkstelligt wird (Fig. 17).

Fig. 17.

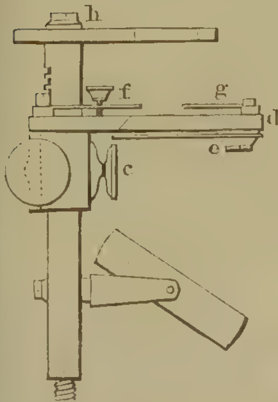
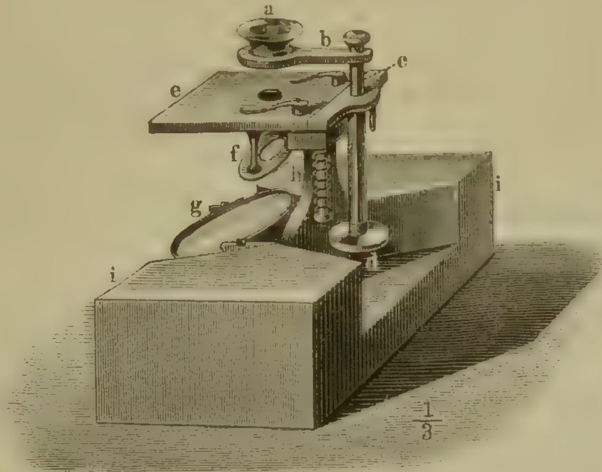


Fig. 18.



Unter den neueren Stativen besitzt das von Carl Zeiss in Jena und dessen Nachbildungen eine allen Anforderungen entsprechende Einrichtung, weshalb ich mich hier auf dessen Beschreibung beschränken will. Die geschweifte Säule *a* (Fig. 18) trägt den unbeweglichen Objecttisch *e*, nebst zwei Fortsätzen, in denen die beiden der feinen Einstellung dienenden Stifte einfügen, von welchen der längere von einer die feine Einstellung regulirenden, unten durch eine Schraube festgehaltenen Spiralfeder umgeben ist. Die grobe Einstellung wird durch Verschiebung der Stahlstange bewirkt, welche den Arm für die Aufnahme der Doublets trägt, wogegen die feine Einstellung mittelst der Schraube *d* vorgenommen wird, welche die Hülse mit dem an ihr befestigten Messingstück, in welchem der Linsenträger enthalten ist, hebt und senkt. Die Beleuchtung wird von dem Planspiegel *g* und der zwischen ihm und dem Objecttische angebrachten Sammellinse *f* bewirkt, welche zur Seite gedreht werden kann.

Zu diesem Mikroskope gehören als Präparirmikroskop drei Doublets mit 15-, 30- und 60facher Vergrösserung und von ganz ausgezeichneter Wirkung. Sein Preis stellt sich auf 13 Thlr. Auf Verlangen giebt Herr Zeiss aber auch noch ein sehr schönes Doublet mit 120facher und zwei Triplets mit 200- und 300facher Vergrösserung bei und es kostet das so ausgerüstete und mit Spiegeleinrichtung für schiefe Beleuchtung versehene

2*

Instrument 26 Thaler. Obgleich nun das stärkere Doublet sowie die beiden Triplets in ihrer Art sehr ausgezeichnet sind und ihrem Verfertiger alle Ehre machen, so möchte ich doch deren Anwendung zur eigentlichen Untersuchung wegen der später näher zu besprechenden Nachtheile nicht empfehlen und auch dem Studirenden lieber zur Anschaffung eines kleineren zusammengesetzten Mikroskopes rathen.

ZWEITER ABSCHNITT.

DAS ZUSAMMENGESETZTE MIKROSKOP.

I. Allgemeine Grundsätze.

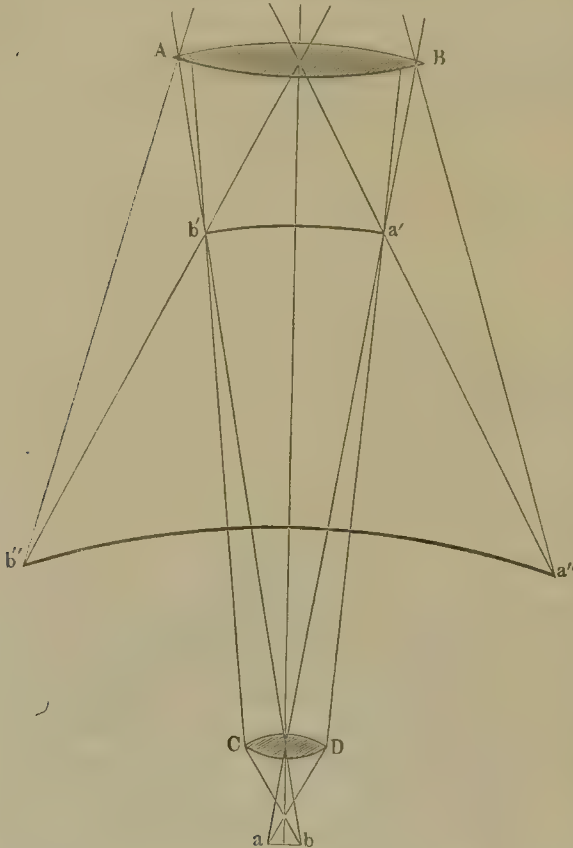
Benutzt man die bekannte Eigenschaft der convexen Linse, von einem ausserhalb des Brennpunktes, aber innerhalb der doppelten Brennweite gelegenen Gegenstande auf der entgegengesetzten Seite ihrer Oberfläche ein verkehrtes und vergrössertes Bild zu erzeugen, in der Art, dass man dieses objective Bild wiederum durch ein einfaches Mikroskop, d. h. eine Sammellinse betrachtet, so lassen sich aus einer derartigen Vereinigung zweier einfachen Linsen die Grundlinien der Theorie des zusammengesetzten Mikroskopes entwickeln.

Befindet sich ausserhalb der Brennweite, doch nahe an dem Brennpunkte der Linse CD der Gegenstand ab (Fig. 19, a. f. S.), von welchem nach allen Seiten hin Lichtkegel ausgehen, so erzeugen diese nach ihrem Durchgange durch die Linse auf deren entgegengesetzter Seite das verkehrte vergrösserte Luftbild $a'b'$. Alle von einem bestimmten Punkte (z. B. b) des Gegenstandes ausgegangenen Lichtstrahlen ein und desselben Lichtkegels kreuzen sich aber in dem entsprechenden Punkte des Bildes (also in b') und treffen dann in divergirender Richtung auf die Linse AB. Von dieser werden sie dann so gebrochen, dass alle nach dem dicht hinter ihrer Oberfläche gedachten Auge gelangenden Strahlen einen Divergenzgrad besitzen, als ob sie von einem an der Stelle des Bildes $a''b''$ in der Entfernung des deutlichen Sehens gelegenen Objecte ausgingen.

Die beiden Linsen CD und AB erhalten je nach ihrer Lage gegen den Gegenstand und das Auge verschiedene Namen. Die dem ersten zu-

gekehrte, das Luftbild $a'b'$ erzeugende heisst Objectivlinse, Objectivglas oder einfach Objectiv, die andere, als einfaches Mikroskop benutzte, das Scheinbild $a''b''$ hervorrufende Ocularlinse, Augenglas oder schlechtweg Ocular.

Fig. 19.



Das durch die Gesammtwirkung der Objectiv- und Ocularlinse zu Stande gekommene mikroskopische Bild muss nach den Gesetzen der Optik in einer gekrümmten Fläche liegen und zugleich gegenüber seinen mittleren Theilen bedeutende Grössenveränderungen seiner Ausmessungen nach den Randtheilen hin erleiden. Bildet nämlich das Object eine ebene Fläche, so haben seine einzelnen Punkte von dem Mittelpunkte der Objectivlinse einen um so grösseren Abstand, je weiter sie von dem Punkte entfernt sind, in dem die optische Achse das erstere schneidet. Je weiter aber die Objectpunkte von dem optischen Mittelpunkte des Objectivs entfernt sind, desto näher müssen die betreffenden Bildpunkte an der Linse liegen und es wird sohin das Luftbild in einen nach oben convexen Abschnitt einer sphärischen Fläche fallen. Je näher ferner ein Bild einer Linse liegt, desto kleiner gestaltet sich dasselbe, so dass mit der Krümmung der objectiven Bildfläche zugleich eine Grössenverminderung der Randtheile des Bildes nach der Richtung sämmtlicher Radien Hand in Hand geht. Das Bild eines aus kleinen Quadraten gebildeten Netzes von Draht nimmt jetzt die in Fig. 21 dargestellte Form an. Wird das so in seinen Flächen- und Ausmaassverhältnissen gestörte Bild durch das Ocular betrachtet, so müssen sich, wie wir aus der Betrachtung des einfachen Mikroskops wissen, die eben geschilderten Erscheinungen theils steigern, theils verändern. Es wird zunächst die Krümmung der Bildfläche in nicht unbedeutendem Grade, und zwar nach derselben Seite hin vermehrt. Die Verminderung

der Grössenverhältnisse nach dem Rande hin wird nun aber in dem Scheinbilde theilweise aufgehoben, theilweise in eine Vergrösserung übergeführt, da die Wirkung des Oculars, bei nur irgend erheblicher Stärke

Fig. 20.

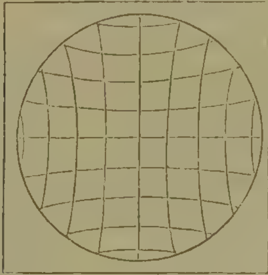
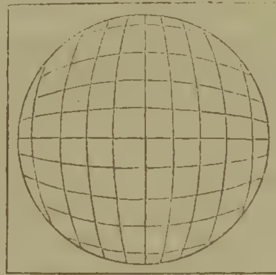


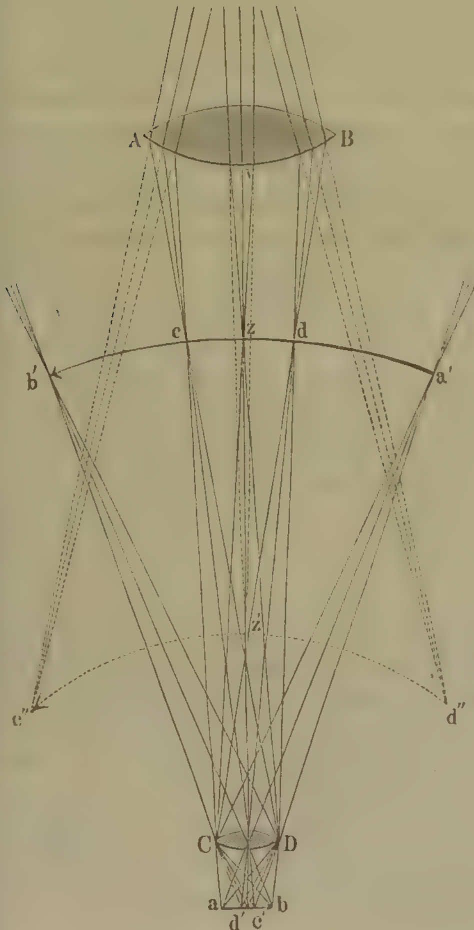
Fig. 21.



desselben, eine weitaus überwiegende ist. Das quadratische Netz erscheint dem Beobachter jetzt so, wie in Fig. 20.

In der voranstehenden Entwickelung wurde der Gegenstand von solcher Grösse angenommen, dass auch die äussersten, von dem Luftbilde aus divergirenden Randstrahlen noch auf das Ocular trafen. Nimmt man dagegen das zu betrachtende Object grösser an, als dies geschehen, so kann, wie aus der in nebenstehender Fig. 22 gegebenen Construction leicht ersichtlich ist, nur noch ein Theil desselben übersehen werden. Die von allen zwischen a' und d sowie zwischen b' und c gelegenen Punkten aus divergirenden Strahlen gelangen nämlich gar nicht mehr nach dem Augenglase, sondern gehen an dessen Rändern vorbei. So kommt denn nur der mittlere Theil cd des Luftbildes, folglich auch nur der entsprechende Theil $c'd'$ des Gegenstandes zur Anschauung. Die Grösse des Gesichtsfeldes ist somit bei dem zusammengesetzten Mikroskope gleichfalls zwischen bestimmte, von der Oeffnung des Oculares abhängige Grenzen eingeschlossen.

Fig. 22.



Die vergrössernde Kraft des zusammengesetzten Mikroskopes ist ein Product aus derjenigen der Objectiv- und Ocularlinse. Man hat es indessen bis zu einer gewissen Grenze in der Gewalt, dieselbe, unter Beibehaltung einer bestimmten Verbindung beider Linsen, willkürlich zu verstärken oder zu vermindern. Aus dem früher Dargestellten ist bekannt, dass das mittelst einer Linse erzeugte Luftbild um so weiter hinter deren Oberfläche entsteht, und zugleich um so stärker vergrössert erscheint, je näher der Gegenstand an den Hauptbrennpunkt gerückt wird. Entfernt man nun, indem man das Objectiv dem Gegenstande nähert, das Ocular in entsprechendem Maasse von jenem, so dass das Luftbild stets in der gleichen Entfernung von dem letzteren bleibt, dann wird das Scheinbild verhältnissmässig grösser werden. Die vergrössernde Kraft des Mikroskopes nimmt auf diese Weise zu, ohne dass entweder die vergrössernde Kraft des Oculares, noch die des Objectives eine Veränderung zu erleiden brauchte. Umgekehrt nimmt die vergrössernde Kraft ab, wenn man das Objectiv von dem Gegenstande entfernt, indem man ihm das Ocular näher bringt. Dieses Hilfsmittel zur Aenderung der Vergrösserung darf jedoch nicht über bestimmte Schranken hinaus in Anwendung gebracht werden, indem bei zu stark gesteigerter Entfernung zwischen Objectiv und Ocular an Deutlichkeit des Bildes, sowie an Ausdehnung des Gesichtsfeldes verloren geht, was an Grösse gewonnen wird, im anderen Falle aber das Bild durch Steigerung der Aberrationserscheinungen eine Verschlechterung erleidet.

Die zur Berechnung der Vergrösserungszahl dienenden Factoren sind in den Vergrösserungszahlen des Objectives und Oculares gegeben. Von ihnen ist die letztere nach S. 4 $= \frac{d+f}{f}$, wobei d die mittlere Sehweite, f die Brennweite des Oculares bezeichnet. Der andere Factor ist gleich dem Quotienten, welchen man erhält, wenn die Entfernung des Luftbildes von dem Mittelpunkte des Objectives durch die Entfernung des Gegenstandes von demselben Punkte aus dividirt wird. Das hieraus sich ergebende Product, d. h. die Vergrösserungszahl des zusammengesetzten Mikroskopes (V) ist demnach, wenn wir der Kürze wegen jene mit E, diese mit e bezeichnen,

$$= \frac{E}{e} \cdot \frac{d+f}{f}.$$

Nun lassen sich weder E noch e unter allen Verhältnissen leicht durch Messung genau bestimmen, wogegen die Berechnung ihrer Zahlenwerthe keine Schwierigkeiten bietet. Aus der mittleren Sehweite und der Brennweite des Oculares lässt sich nämlich leicht die Stelle ausmitteln, an welcher das Luftbild entstehen muss, um durch die Ocularlinse vergrössert und deutlich gesehen werden zu können. Dieselbe ist $= \frac{df}{d+f}$. Kennt man dann ausserdem die Grösse der Entfernung zwischen Ocular und Ob-

jectiv, welche sich stets direct messen lässt, so braucht man von ihr nur die gefundene Entfernung des Luftbildes vom Oculare abzuziehen, um den Werth von E zu erhalten. Sei nun die Entfernung zwischen Ocular und Objectiv $= D$, so ist

$$E = D - \frac{df}{d+f} = \frac{D(d+f) - df}{d+f}.$$

Aus dem Werthe von E aber und der Brennweite des Objectives $(= f')$ bestimmt sich e zu

$$\frac{E \cdot f'}{E - f'}.$$

Die Formel

$$\frac{E}{e} \cdot \frac{d+f}{f}$$

geht somit über in:

$$\frac{E - f'}{f'} \cdot \frac{d+f}{f}.$$

Setzt man endlich statt E seinen oben berechneten Werth ein und reducirt gehörig, so ergiebt sich die Vergrösserungszahl:

$$V = \frac{(D - f')(d + f) - df}{f \cdot f'}.$$

Diese Formel enthält aber nur noch solche Zahlenwerthe, die einer unmittelbaren und genauen Bestimmung immer mehr oder minder leicht zugänglich sind. Ein Zahlenbeispiel möge dies näher erläutern.

Seien bei einem zusammengesetzten Mikroskope der einfachsten Form die Werthe von f', f, d und D der Reihe nach 3,5, 30, 209 und 200^{mm}, so vergrössert dasselbe $\frac{196{,}5 \cdot 239 - 209 \cdot 30}{3{,}5 \cdot 30} = 387{,}5$ mal.

Ist nun die Vergrösserung des zusammengesetzten Mikroskopes als eine Function der vier Grössen f, f', d und D erkannt, von denen keine eine Veränderung erleiden darf, ohne dass erstere selbst einen anderen Werth erhält, so muss auch unmittelbar aus deren Betrachtung sich ergeben, in welcher Beziehung jene zu diesen steht. Welchen Einfluss die Distanz zwischen Objectiv und Ocular (D) auf die Vergrösserung ausübt, haben wir bereits hinreichend erörtert; es wären somit in dieser Beziehung nur noch die drei übrigen Grössen zu betrachten. Bleiben auf der rechten Seite der obigen Gleichung alle anderen Factoren ungeändert und es wird f (die Brennweite des Oculars) vergrössert oder verkleinert, so ändert sich die Vergrösserung in der Art, dass sie verringert oder erhöht wird, indem im ersteren Falle der Zähler des Bruches einen kleineren, der Nenner aber einen grösseren, im anderen Falle dagegen der Zähler einen grösseren, der Nenner einen kleineren Werth annimmt. Man kann somit die Vergrösserung des Mikroskopes steigern, wenn man ein Ocular von kürzerer Brennweite anwendet und umgekehrt. Wir treffen hier jedoch

bald auf bestimmte Schranken, welche nicht überschritten werden dürfen, da bei einem Oculare von sehr kurzer Brennweite die Krümmung eine sehr bedeutende werden muss, wodurch der Oeffnungswinkel abnimmt, das Gesichtsfeld immer mehr an Ausdehnung, das Bild selbst an Lichtstärke und Deutlichkeit verliert. Nimmt f' (die Brennweite des Objectives) ab, so wird der erste Factor $(D - f')$ des Zählers und damit der ganze Zähler grösser, das Product des Nenners hingegen kleiner. Mit einer Vergrösserung des Werthes von f' ist dagegen eine Abnahme des Zählers und eine Zunahme des Nenners gegeben. Im ersten Falle steigt die, jetzt durch das Objectiv bestimmte, Vergrösserung des Mikroskopes, im anderen Falle nimmt sie ab. Auch hier ergiebt sich für die Verkürzung der Brennweite des Objectives in der Praxis bald eine Grenze, indem erstlich bei der erforderlichen Verminderung des Linsendurchmessers Lichtstärke und Grösse des Gesichtsfeldes eine Verminderung erleiden, und dann eine zu weit gesteigerte Annäherung des Objectives an den Gegenstand unstatthaft erscheint. Bleiben endlich alle anderen Factoren der Function ungeändert und es ändert sich d (die mittlere Sehweite), so tritt mit einer Verkleinerung derselben bei gleichbleibendem Nenner eine Verkleinerung des Zählers ein, da der als Differenz erscheinende Factor $D - f'$ stets grösser bleiben muss als der Factor f ist. Die ganze Function erhält somit einen kleineren Werth, die Vergrösserung nimmt ab. Eine Vergrösserung von d hat dagegen stets eine Vergrösserung von V zur Folge. Aus dieser Erörterung leuchtet sofort ein, dass die vergrössernde Kraft ein und desselben Instrumentes, sowie ein und derselben Combination von Objectiv und Ocular nicht für alle Personen die gleiche bleiben kann, sondern dass sich dieselbe nach deren mittlerer Sehweite richten und mit derselben ändern muss. So vergrösserte die oben angenommene Combination für ein Auge, dessen mittlere Sehweite 8′ rheinisch oder 209^{mm} beträgt, 387,8 mal. Stellen wir aber dieselbe Berechnung für ein Auge auf, dessen mittlere Sehweite 250^{mm} ist, so ergiebt sich ein weit höherer Werth, nämlich 454,7 als Vergrösserungszahl.

Die mittlere Sehweite erfordert aber ausser dem soeben in Rechnung gezogenen Einfluss noch eine weitere Beachtung, da sie zugleich für die Entfernung maassgebend wird, in welcher sich das von dem Objectiv entworfene Luftbild vor dem Ocular befinden muss, wenn es durch das letztere deutlich gesehen werden soll. Hierauf beruht die Annäherung des Objectives zu, oder die Entfernung desselben von dem Gegenstande, je nachdem das Auge eine kleinere oder grössere mittlere Sehweite besitzt. Der Kurzsichtige, für dessen Auge das Luftbild näher an dem Ocular liegen muss, als es bei der normalen mittleren Sehweite der Fall sein würde, wird aus diesem Grunde das Objectiv dem Gegenstande näher zu bringen haben, damit er eine grössere Entfernung des Luftbildes von dem ersteren zu erzielen vermag, während der mit einer die normale übersteigenden mittleren Sehweite Begabte die umgekehrte Manipulation auszuführen hätte. Der Unterschied zwischen diesen Entfernungen, welche durch

einen Bruch ausgedrückt werden können, der zum Zähler das Product aus der (für das betreffende Auge berechneten) Entfernung des Bildes und der Brennweite des Objectives, zum Nenner die Differenz dieser beiden Werthe hat*), fällt indessen um so geringer aus, je kürzer die Brennweite des Objectives ist. Dies lehrt, abgesehen von der mathematischen Betrachtung, schon die tägliche Erfahrung vor dem Instrumente, indem bei Anwendung stärkerer Objective sich eine Aenderung der Einstellung für verschiedene Augen viel weniger fühlbar macht, als dieses bei schwächeren Linsen der Fall ist.

Bei den bisherigen theoretischen Erörterungen der Grundsätze, worauf das zusammengesetzte Mikroskop beruht, wurde der Einfachheit halber angenommen, dass das Auge unmittelbar über dem Oculare stehe. In der Wirklichkeit tritt dieser Fall aber niemals ein, sondern es muss das Auge in einer solchen Entfernung von dem Oculare gehalten werden, dass alle Hauptstrahlen der in dem Gesichtsfelde befindlichen Punkte sich da in dem kleinsten Raume vereinigen, wo die Pupille liegt, um sämmtlich von ihr aufgefangen werden zu können. Diese Stelle befindet sich aber da, wo sich jene Strahlen schneiden, welche gleichsam von einem leuchtenden Punkte des Objectives ausfahren und durch die Ocularlinse gebrochen werden. Ihre Entfernung, d. h. der Abstand der Pupille vom Oculare ist etwas grösser, als die Brennweite des letzteren, und kann durch Rechnung bestimmt werden, wenn man das Product aus der Entfernung der beiden Linsen und der Brennweite des Oculares durch die Differenz derselben Grössen dividirt. Bezeichnet man dieselbe mit f'' so ist:

$$f'' = \frac{D \cdot f}{D - f}.$$

Dieser Werth muss in die Rechnung eingeführt und da, wie leicht einzusehen, das scheinbare Bild um seine Grösse dem Oculare näher rückt, statt d in der Formel Seite 25 $d - f''$ gesetzt werden. Es geht dieselbe nun über in:

$$V = \frac{(D - f')(d - f'' + f) - (d - f'')f}{f \cdot f'}.$$

Dadurch nimmt aber, wie leicht ersichtlich, der Werth von V ab, d. h. die Vergrösserung des zusammengesetzten Mikroskopes ist in der Wirklichkeit geringer als die aus den oben genannten, der directen Bestimmung zugänglichen Factoren theoretisch berechnete. In unserm angeführten Beispiele würde dieselbe z. B. nur eine

$$\frac{196{,}5 \cdot 203{,}7 - 173{,}7 \cdot 30}{3{,}5 \cdot 30} = 331{,}6 \text{malige sein.}$$

Das zusammengesetzte Mikroskop in seiner einfachsten Gestalt, nur aus zwei einfachen Linsen bestehend, leidet an mancherlei Unvollkommen-

---

*) Die oben S. 25 eingeführte Formel $e = \frac{E \cdot f'}{E - f'}$.

heiten, deren Beseitigung nothwendig wird, wenn dasselbe seinen Zweck, als Hilfsmittel für genaue wissenschaftliche Untersuchungen zu dienen, vollständig erfüllen soll. Aus der theoretischen Betrachtung der allgemeinen Grundsätze geht zunächst hervor, dass die Fläche, in welcher das Scheinbild liegt, bedeutend gekrümmt sein und dass dieses ferner an den Rändern verzerrt und undeutlich erscheinen muss. Dann ist das Gesichtsfeld ein ziemlich beschränktes, so dass von einem einigermaassen grossen Gegenstande, namentlich bei stärkeren Linsen, nur ein verhältnissmässig kleiner Theil übersehen werden kann. Ferner besitzt das mikroskopische Bild immer einen ziemlich geringen Grad von Lichtstärke. Endlich machen sich bei ihm alle die Fehler, welche aus den beiden Aberrationen entspringen, in bedeutendem Maasse fühlbar.

Die Mittel, welche man zur Hebung der genannten Mängel in Anwendung bringt und durch welche man dieselben, namentlich während der letzten Jahrzehnte in einem früher kaum geahnten Grade, wenn auch nicht ganz zu beseitigen, doch zu vermindern und unschädlich zu machen gewusst hat, beziehen sich auf die Vollendung der beiden Haupttheile, Objectiv und Ocular, und werden wir dieselben in dem folgenden Paragraphen näher zu betrachten haben.

II. Optische Einrichtung.

1. Das Objectivsystem.

Den wichtigsten Theil des zusammengesetzten Mikroskopes bildet das Objectivsystem. Ihm müssen daher auch, soll das Instrument einen möglichst hohen Grad der Vollkommenheit erreichen, die in Betracht kommenden Verbesserungen zunächst zugewendet werden. Die verschiedenen Mängel der einfachen Linse, wie solche bei der vorstehenden Theorie des zusammengesetzten Mikroskopes der Einfachheit wegen als Objectiv angenommen wurde, sind bekannt. Ebenso ist bereits früher einiger Mittel gedacht worden, welche zur Beseitigung ihrer hauptsächlichsten Fehler, der sphärischen und chromatischen Abweichung, in Anwendung gebracht sind. Ein weiteres Mittel hierzu bietet die Verbindung von einer Sammellinse aus Kronglas mit einer Zerstreuungslinse aus Flintglas, wie sie als achromatisches Objectiv beim Fernrohr in Gebrauch ist. Diese Mittel aber reichen zur Herstellung möglichst vollkommener Objectivsysteme für das Mikroskop noch lange nicht aus. Eine so kleine Doppellinse, wie sie zu einem nur einigermaassen starken Objectiv für das Mikroskop nothwendig ist, legt ihrer vollkommenen Ausführung immer sehr bedeutende Schwierigkeiten in den Weg und bleibt deshalb noch weit mehr mit dem Fehler der chromatischen Abweichung behaftet, als dieses bei den grösseren Objectivlinsen des Fernrohres der Fall ist. Ausserdem kann bei ihr die

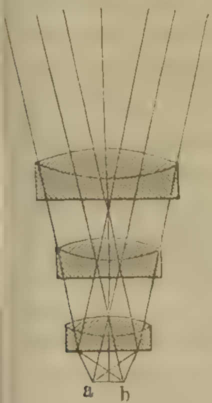
sphärische Aberration nur bis zu einem gewissen Grade gehoben werden, da die Zerstreuungslinse der Combination auf die Randstrahlen einen weit stärkeren Einfluss ausübt, als auf die nahe der optischen Hauptachse durchgehenden Strahlen. Mit solchen den Fernrohrobjectiven nachgebildeten Objectiven wäre daher bei dem Mikroskope noch sehr wenig erreicht, indem, um einigermaassen fehlerfreie Bilder zu erhalten, nur Objective von grosser Brennweite angewendet werden dürften und man die zu erzielende Vergrösserungskraft vorzugsweise in das Ocular verlegen müsste. Sie werden daher immer nur für die schwächsten Vergrösserungen verwendet werden dürfen, wie dies denn auch ihrer grossen Lichtstärke wegen von einzelnen Optikern noch geschieht.

Um vollkommene Objective von stärkerer und stärkster Vergrösserungskraft herzustellen, muss man zu dem zuerst von Selligue und Amici und seitdem von allen Optikern mit Erfolg angewendeten Mittel greifen und die einzelnen achromatischen Doppellinsen zu mehreren, zu einem Systeme verbinden.

In der Regel bestehen die schwächeren und mittleren Systeme aus drei solcher Doppellinsen, und es werden diese aus je einer planconcaven Flintglaslinse und einer doppeltconvexen Kronglaslinse gebildet, welche mittelst einer dünnen Schicht Canadabalsams miteinander vereinigt werden. Bei sehr starken und vollkommenen Systemen der besten Werkstätten bildet indessen häufig die vordere Linse eine dreifache Combination aus zwei planconvexen Kronglaslinsen mit einer planconcaven Flintglaslinse in der Mitte, die mittlere eine Doppellinse aus einer doppeltconvexen Kron- und einer doppeltconcaven Flintglaslinse, während die hinterste wieder eine dreifache Combination aus zwei doppeltconvexen Kronglaslinsen und einer doppeltconcaven Flintglaslinse vorstellt.

Bei der Verbindung der einzelnen Linsencombinationen unter sich bringt man dieselben in solcher Ordnung hintereinander, dass die kleinste d. h. stärkste dem Gegenstande zugewendet wird. Dadurch rückt einmal der Brennpunkt etwas weiter von dieser vordersten Linse hinweg und dann gewinnt das ganze System an Grösse der Oeffnung und folglich an Helligkeit, sowie an dem Vermögen, sehr zarte Structurverhältnisse sichtbar zu machen, welche Eigenschaft man als auflösendes Vermögen bezeichnet. Bei dieser Anordnungsweise kann man nämlich die Oeffnungen der hintereinander zu stehen kommenden Linsencombinationen in ein solches Verhältniss bringen, dass, wie Fig. 23 zeigt, alle auf die vorderste Linse treffenden Lichtstrahlen ohne Verlust wieder aus der hintersten Linse austreten. Im umgekehrten Stellungsverhältnisse dagegen würden die von der vorderen, grösseren Linse durchgelassenen Strahlen an den dahinter befindlichen Linsen von kleinerem Durchmesser zum Theil vorbei und für das Luftbild verloren gehen.

Fig. 23.



Um jedoch durch die Gesammtwirkung von Objectiv und Ocular welches letztere bei der gewöhnlich angewendeten Einrichtung etwas unterverbessernd wirkt, die Verbesserung namentlich der chromatischen Abweichungen auf einen möglichst hohen Grad zu bringen, darf bei der Herstellung der Objectivsysteme das Bestreben nicht dahin gehen, dieselben möglichst aplanatisch zu machen, sondern es muss eine Ueberverbesserung statthaben. Man befolgt daher, wie die von mehreren Seiten ausgeführte Untersuchung der Objectivsysteme unserer tüchtigsten Optiker darthut, jetzt allgemein die von Lister (Philosophical Transactions 1829) angegebene Regel und fängt mit der vordersten Linse einen unterverbesserten Lichtbündel auf, welcher durch die beiden folgenden Combinationen soweit überverbessert werden muss, dass die vollständige Aplanatisirung erst durch das hinzukommende Ocular herbeigeführt wird. Die dem Zwecke entsprechende Entfernung zwischen den einzelnen Linsencombinationen aufzufinden, ist, da die theoretisch geführte Berechnung zwar Anhaltspunkte geben, bei so kleinen Linsen aber die Art und Weise ihrer Verbindung zu einem Systeme nie ganz genau bestimmen kann, vorzugsweise Sache des Versuchens. Dieses muss denn auch so lange fortgesetzt werden, bis der Optiker die höchste zu erzielende Wirkung erreicht zu haben glaubt, worüber ihm seine Probeobjecte, mit denen er natürlich aufs Genaueste bekannt sein muss, die erforderlichen Anhaltspunkte an die Hand geben. Aus diesem Grunde erklärt sich denn auch die Verschiedenheit, welche immer zwischen den Objectivsystemen gleicher Nummer aus derselben Werkstätte herrscht, ohne indessen einen merklichen Grad erreichen zu dürfen, der auf die Beobachtung von Einfluss sein könnte.

Durch die beschriebene Verbindung von einzelnen für sich allein noch immer mangelhaft wirkenden Linsencombinationen zu Systemen erreicht man mancherlei Vortheile, die sich hauptsächlich in Folgendem zusammenfassen lassen:

Erstens ist man durch die Vereinigung von schwächeren achromatischen Linsen, die sich verhältnissmässig weit leichter und mit grösserer Genauigkeit herstellen lassen, als dies bei einzelnen Combinationen von kurzer Brennweite der Fall ist, im Stande, auf eine weit leichtere Weise Objective von kurzer Brennweite und starkem Vergrösserungsvermögen herzustellen. Es kann demzufolge die Vergrösserung des Mikroskopes zum grössten Theile in die Objective verlegt werden, und es fällt für die höheren Vergrösserungen die Anwendung starker Oculare weg, welche immer mit bedeutenden Nachtheilen für das mikroskopische Bild verbunden ist.

Zweitens kann man dadurch den in den achromatischen Linsen noch vorhandenen Rest von Abweichung auf den möglichst geringen Grad herabdrücken, indem bei gehörig geregelter Entfernung der Fehler einer Linse durch den entgegengesetzt wirkenden der anderen aufgehoben wird.

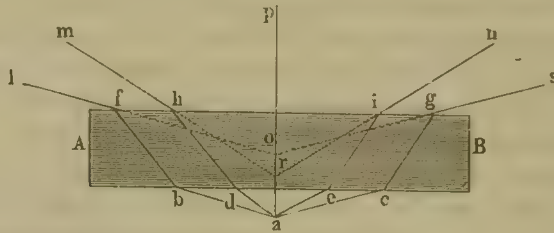
Drittens kann man einem solchen Systeme mit möglichst vollkommener Verbesserung der beiden Abweichungen einen weit grösseren Oeffnungswinkel geben, als dies bei einer einzelnen achromatischen Linse möglich ist. Damit nimmt aber bei gleicher Deutlichkeit und Schärfe des Bildes die Lichtstärke, sowie das Vermögen, feinere Structurverhältnisse des Objectes sichtbar zu machen, in hohem Maasse zu, während zugleich der brauchbare Theil des Gesichtsfeldes an Ausdehnung gewinnt. Auf diese Vergrösserung des Oeffnungswinkels ist in neuerer Zeit vorzugsweise hingearbeitet und damit das auflösende Vermögen der stärkeren Objective sehr erhöht worden. In vielen Fällen ist man aber hierin zu weit gegangen, was von mancherlei Nachtheilen begleitet war, die durch den erreichten Vortheil nicht aufgewogen werden können. Für ein zu histiologischen Untersuchungen brauchbares Objectivsystem ist daher immer ein solcher Grad des Oeffnungswinkels in Betracht zu nehmen, dass dadurch einer scharfen Begrenzung, einer möglichst hohen Farbenfreiheit, sowie der Uebersichtlichkeit des Bildes auch nicht der geringste Eintrag geschieht. Von den Objectivsystemen mit sehr grosser Oeffnung kenne ich nur wenige, welche dieser Forderung vollkommen entsprechen. Dagegen sind im Allgemeinen unsere besseren deutschen starken Objective mit mässigerem Oeffnungswinkel zu allen Beobachtungen vollständig geeignet.

Fünftens endlich verliert sich bei den Systemen die Krümmung des Gesichtsfeldes mehr und mehr, und gewähren dieselben eine in den Central- und Randtheilen des Gesichtsfeldes mehr gleichmässige Vergrösserung des Objectes, indem in ihnen die Brechung der Lichtstrahlen auf mehrere minder gekrümmte Oberflächen vertheilt wird.

Einfluss des Deckglases und die Hebung desselben. — Je weitere Fortschritte man nach und nach in der Vervollkommnung der Objective, namentlich aber in der Verbesserung der Abweichungen und in der Vergrösserung des Oeffnungswinkels machte, desto mehr musste sich namentlich bei den stärkeren Objectivsystemen der früher unbeachtete schädliche Einfluss der Deckgläser auf die Schärfe und Reinheit des Bildes äussern. In Folge dieses Einflusses erscheinen die Bilder solcher Objective, welche mit Rücksicht auf unbedeckte Probeobjecte hergestellt wurden, mit nicht unbedeutenden Abweichungsfehlern behaftet, sobald man mit einer dünnen Glasplatte bedeckte Objecte mittelst derselben beobachtet. Derselbe Fehler tritt ein, wenn man solche Objectivsysteme, die unter Benutzung eines Deckglases von bestimmter Dicke construirt wurden, zur Beobachtung unbedeckter oder mit Deckgläsern von abweichender Dicke bedeckter Objecte verwendet. Den Grund dieser Erscheinung, zu deren näherer Erläuterung die nachfolgende Betrachtung dienen soll, haben wir in der Brechung der Lichtstrahlen durch eben- und parallelflächige Glasplatten zu suchen.

In Fig. 24 ist AB der Durchschnitt einer ebenen Glastafel, hinter welcher sich, nahe an ihrer unteren Fläche, der leuchtende Punkt a be-

Fig. 24.



findet. Von diesem Punkte aus treffen die Strahlen ab, ac, ad, ae auf die ebene Fläche. Der senkrecht auffallende Strahl ap geht in gleicher Richtung weiter, die vier übrigen dagegen werden von ihrer ursprünglichen Richtung um so weiter abgelenkt, je schiefer sie die Glastafel treffen. Sie nehmen in dem Glase die Richtungen bf, cg, dh, ei an und gehen nach ihrem Austritte in die Luft in den Richtungen fl, gs, hm, in weiter. Die am schiefsten auffallenden Strahlen ab und ac scheinen daher nach ihrem Durchgange durch die Glastafel ihren Vereinigungspunkt in o, die näher an der Achse liegenden in r zu haben, wie aus der rückwärtsgehenden Verlängerung der austretenden Strahlen erhellt. In Folge dessen stellt sich der Punkt a bildlich als eine Reihe von unendlich vielen in der Achse ap übereinanderliegenden Punkten dar, von denen der der oberen Fläche zunächst gelegene von den am schiefsten auffallenden Strahlen gebildet wird und umgekehrt. Denken wir uns an der Stelle des einzelnen Punktes einen leuchtenden Gegenstand, so wird von demselben eine Schicht übereinanderliegender, sich deckender Bilder entstehen, welche um so dicker wird, je mehr die Glasplatte an Dicke zunimmt. Wir haben hier also ganz dieselbe Erscheinung, welche wir bei den Linsen als sphärische Abweichung kennen lernten. In welcher Weise das Deckglas in Verbindung mit dem Objectivsysteme wirkt, wird leicht verständlich, wenn wir ins Auge fassen, dass jedes einzelne der durch die Anwendung des Deckglases hervorgerufenen Abweichungsbilder nach dem Durchgange der von ihm ausfahrenden Lichtbündel durch das Objectivsystem selbst wieder in Reihen von übereinanderliegenden Bildern zerlegt wird. Dadurch wird nun allerdings in der relativen Lage der Luftbilder keine Aenderung veranlasst, aber es wird der Abstand der beiden Grenzbilder vergrössert. Es tritt also in sphärischer Beziehung in gewissem Grade eine Ueberverbesserung ein, welche immer einen nicht unbedeutenden nachtheiligen Einfluss auf die Deutlichkeit der mikroskopischen Bilder äussert. Ist ein Objectivsystem für ein nicht bedecktes Object eingerichtet, so muss dessen Verbesserung durch den Einfluss des Deckglases natürlich eine Störung erleiden, welche mit der Dicke des letzteren an Grösse zunimmt. Ganz in

gleicher Weise wird sich aber auch ein Deckglas geltend machen, welches in seiner Dicke von demjenigen abweicht, das bei der Construction des betreffenden Objectivsystemes von dem Optiker benutzt wurde. Amici beobachtete diesen Einfluss des Deckglases zuerst und zwar schon im Jahre 1829. Später, im Jahre 1837, wurde derselbe auch von dem englischen Optiker A. Ross wahrgenommen, ohne dass derselbe, wie es scheint, von Amici's Entdeckung Kenntniss genommen hatte. Ersterer sucht diesem Mangel dadurch abzuhelfen, dass er von den stärkeren Objectivsystemen seinen Mikroskopen stets einige beigiebt, welche bei ziemlich gleichem vergrösserndem Vermögen mittelst Abänderung in dem wechselseitigen Abstande der einzelnen Linsen so eingerichtet werden, dass sie entweder mehr oder weniger stark überverbessert oder unterverbessert sind und nur ohne Deckglas oder in Verbindung mit einem Deckglase von bestimmter Dicke ein fehlerfreies Bild gewähren. So sind z. B. bei einem Instrumente, welches ich Gelegenheit hatte näher kennen zu lernen, drei Objectivsysteme vorhanden, welche bei einer 333-, 375- und 360maligen, also ziemlich gleichstarken Vergrösserung, das erstere zur Beobachtung eines unbedeckten Gegenstandes, das andere für die Benutzung eines Deckglases von $^1/_2$, das dritte für die eines solchen von 1^{mm} Dicke eingerichtet sind. Bei den neueren Instrumenten ist die Serie III. der Objectivsysteme für die Beobachtung unbedeckter Gegenstände, die Serie IV. für den Gebrauch eines $1{,}1^{mm}$ dicken Deckglases bestimmt, und die dadurch erzielten Vergrösserungen sind einander fast gleich. Einen ganz anderen Weg schlug A. Ross ein, der seither von den englischen Optikern sowohl, als auch von Nachet, Hartnack, Nobert und Hasert mit geringen Abweichungen in der optischen und mechanischen Einrichtung befolgt wird. Diese Optiker richten nämlich, mit Ausnahme von E. Hartnack, der die hinterste Linse beweglich macht und die beiden vorderen in eine unveränderliche Entfernung bringt, ihre Systeme so ein, dass die vordere Linse beweglich ist und der Beobachter es in der Gewalt hat, die wechselseitige Entfernung zwischen der ersten und den beiden andern, fest mit einander verbundenen Linsen so abzuändern, wie es die — zwischen gewissen Grenzen eingeschlossene — Dicke des zur Anwendung kommenden Deckglases erfordert. Wie hierdurch die erzielte Verbesserung erreicht werden kann, möge folgende Betrachtung lehren. Wir wissen bereits aus Früherem, dass man in der Regel mittelst der vordersten Linsencombination einen unterverbesserten Lichtbündel auffängt, der durch die beiden anderen Linsen des Systemes überverbessert wird. Ist das System nur für ein unbedecktes Object eingerichtet, so muss, wenn ein bedeckter Gegenstand betrachtet werden soll, eine Correction eintreten. Die Unterverbesserung der vordersten Doppellinse wird nämlich durch das Hinzukommen einer Glasplatte, welche in gewissem Maasse überverbessernd wirkt, theilweise aufgehoben und kann nur dadurch wieder auf den früheren Grad ihrer Stärke zurückgebracht werden, dass man die unterste Linse den beiden übrigen Linsen mehr nähert.

Je näher nämlich die erste Linse den festverbundenen beiden anderen zu stehen kommt, desto grösser muss der Abstand zwischen Objectiv und Gegenstand werden und desto stärker werden in Folge dessen die von dem letzteren ausgehenden Lichtstrahlen gebrochen. Die unterverbessernde Wirkung der vordersten Linse wird dadurch gegen früher in gewissem Maasse verstärkt und hebt so den von dem Deckglase ausgehenden gegentheiligen Einfluss wieder auf. Ist dagegen die Correction für ein Deckglas von bestimmter Dicke gemacht und es sollte nun ein Gegenstand beobachtet werden, der unbedeckt wäre, so würde der umgekehrte Fall eintreten und es müsste die vorderste Linse von den beiden übrigen entfernt werden, um ihre für diesen Fall zu starke unterverbessernde Wirkung zu beschränken. Aus dieser Auseinandersetzung leuchtet auch zugleich ein, wie die Entfernung zwischen der vorderen und den beiden übrigen Linsen geändert werden muss, wenn Deckgläschen von verschiedener Dicke gebraucht werden sollen. Bei einem dickeren Deckglase hat man dieselbe zu verringern, bei einem dünneren zu vergrössern.

Beide Methoden, die von Amici angewendete sowohl, als die zuletzt besprochene, entsprechen ihrem Zwecke gleich vollkommen. Auch der dabei in Betracht kommende Kostenpunkt wird sich nach meinen Erfahrungen bei beiden auf gleiche Höhe stellen. Die Amici'sche Einrichtung möchte vor der andern nur den Vortheil voraus haben, dass sie namentlich dem noch weniger geübten Beobachter Zeit erspart, indem derselbe schneller einen Wechsel der Objective als eine vollkommen genügende Correction vollzogen haben wird. Ist man aber erst einmal mit der Handhabung seiner Objective und deren Verhalten zu den in Betracht kommenden Dickenunterschieden der Deckgläser recht vertraut, so möchte in dieser Beziehung kaum ein Unterschied sein.

Dass die Einwirkung der Dicke des Deckglases von grossem Einfluss auf die Vollkommenheit des mikroskopischen Bildes ist, unterliegt nicht dem geringsten Zweifel und verdient gewiss die sorgfältigste Beachtung von Seiten des Optikers sowohl als des Beobachters. Ob aber die erwähnten Einrichtungen zu deren Beseitigung von so erheblicher Wichtigkeit und so unumgänglich nothwendig sind, wie man von manchen Seiten glaubt, ist eine andere Frage. Nach meinen eigenen Erfahrungen — und ich beschäftige mich seit etwa 14 Jahren fast täglich Stunden lang mit mikroskopischen Untersuchungen — glaube ich dafür halten zu dürfen, dass man im Allgemeinen deren Werth für den praktischen Beobachter überschätzt hat. Zwar gebrauche ich selbst Objective mit Verbesserungseinrichtung, aber eben nur deshalb, weil mir nicht optisch gleich vollkommene von einfacher Construction zu Gebote standen. Was zunächst die Bequemlichkeit in Betreff der Anwendung dickerer Deckgläser angeht, so halte ich dieselbe mindestens zum Theil für illusorisch. Nur bei den Objectiven mittlerer Stärke ist die Anwendung von Deckgläsern statthaft, deren Dicke $^{1}/_{2}$ bis 1^{mm} beträgt. Bei den stärkeren und stärksten muss man ohnehin seine

Zuflucht wieder zu den dünneren Deckgläsern nehmen, deren Dicke bei Anwendung verschiedener der stärkeren Systeme von Amici zwischen $^1/_3$ bis $^1/_5$mm, bei Nobert's stärksten Systemen von circa 1,4mm Brennweite zwischen $^1/_3$ bis $^1/_5$mm — doch so, dass nur bei ersterer Dicke die beste Wirkung erzielt wird — bei den stärksten englischen Systemen aber zwischen $^1/_4$ bis $^1/_8$mm schwanken darf. Es würde daher weit zweckmässiger sein, die Objectivsysteme etwa von 3,5 bis 3mm Brennweite an bis zu den stärksten, die ja zur Beobachtung unbedeckter Objecte ohnehin gar nicht oder nur in beschränktestem Maasse Anwendung finden können, für Deckgläser einzurichten, deren Dicke $^1/_4$ bis $^1/_5$mm beträgt. Solche Deckgläser stehen jetzt jedem Beobachter zur Verfügung und wer sich überhaupt mit feineren histiologischen Untersuchungen beschäftigen will, der muss so viele Handfertigkeit und Sicherheit besitzen, dass er nicht mit jedem Striche des Wischtuches sein Deckglas zerbricht. So wäre man beim Wechseln der Objective des Wechselns mit den Deckgläsern, oder bei festgehaltenem Deckglase der fortwährenden Objectivcorrecturen gänzlich überhoben, und damit dem Mikroskopiker Mühe und Zeit erspart, die weit vortheilhafter auf die Beobachtung selbst verwendet werden können. Endlich fällt der Preis eines einfachen Objectivsystemes, wie die einfache Vergleichung der Preislisten nachweist, mehr als um die Hälfte billiger aus, ein Umstand, der ebenfalls der Berücksichtigung werth erscheint.

Man könnte mir nun allerdings entgegenhalten, dass man bei dem Austausch und Kauf von mikroskopischen Objecten es nicht immer in der Gewalt habe, die Dicke des Deckglases in dem gewünschten Maasse zwischen die gebotenen Grenzen einzuschliessen. Zum Theil mag dieser Einwand zur Zeit noch begründet sein. Einerseits lässt sich aber in dieser Beziehung — wie es in der That auch schon versucht und ausgeführt ist — die erforderliche Uebereinstimmung erzielen. Andererseits ist die Differenz zwischen den für die zarteren Präparate von den verchiedensten Seiten angewendeten Deckgläsern kaum mehr von Belang. Ich wenigstens besitze neben meinen eigenen, mit einem Deckglase von circa $^1/_5$mm belegten Präparaten eine Reihe von Objecten, die ich theils aus London und aus Paris bezogen, theils von befreundeter Hand erhalten habe, bei denen in der Dicke der Deckgläser ein so geringer Unterschied vorhanden ist, dass ich sie sämmtlich mit meinen für ein Deckglas von $^1/_5$mm corrigirten Systemen von 2 bis 1,3mm Brennweite beobachten kann, ohne dass, wie ich mich durch genaue vergleichende Versuche überzeugt habe, bei gleicher Beleuchtung der geringste Unterschied in dem optischen Vermögen und in der Schärfe und Deutlichkeit des Bildes bemerklich würde. Nur bei den stärksten Systemen findet eine Abweichung statt, indem für diese bei gleicher Dicke des Deckglases eine Aenderung in der Entfernung der Linsen, resp. eine Annäherung derselben sich als sehr vortheilhaft erweist, sobald man schiefes Licht anwendet. Dies gilt aber wieder nur für die allerschwierigsten Objecte, wie die letzten Gruppen der Nobert'schen Platte, Grammatophora subtilissima etc., während bei

minder schwierigen Objecten ein Einfluss der veränderten Richtung der Lichtstrahlen sich kaum fühlbar macht.

Eintauchsysteme (Wasserlinsen, Stipplinsen). — Noch muss ich eines Versuches gedenken, der in neuester Zeit von Amici (1850) und dann auch von E. Hartnack (1859) mit Erfolg angewendet wurde, um die Vollkommenheit der Objective zu erhöhen. Es ist dies die Einrichtung, dass die vorderste Linse beim Gebrauch in Wasser getaucht wird, so dass zwischen ihre Vorderfläche und das Deckglas eine dünne, von parallelen Flächen begrenzte Wasserschicht zu liegen kommt. Dadurch wird zunächst, da die Wasserschicht gleich einem dickeren Deckglase wirkt und eine stärkere Annäherung der beiden vordersten Linsen nöthig macht, die Brennweite verkürzt und die Vergrösserung erhöht, während der Abstand der unteren Linse von der Oberfläche des Deckglases zunimmt und den Gebrauch einer dickeren Sorte der letzteren gestattet. Zweitens werden bei veränderter Deckglasdicke weit geringere Aenderungen in der gegenseitigen Stellung der Linse nothwendig gemacht, da die Wasserschicht und das Deckglas vereint wirken. Endlich aber, und hierin besteht der erheblichste Gewinn, nimmt dadurch die Lichtstärke und das auflösende Vermögen zu, ohne dass die Correctionen die mindeste Störung erleiden. Durch die zwischenliegende Wasserschicht, als einem in seinem Brechungsvermögen weniger von dem Glase verschiedenen Medium, als die Luft, wird nämlich erstlich die Zurückwerfung der Lichtstrahlen an der vordersten Linsenfläche sowie an der Oberfläche des Deckglases fast vollkommen beseitigt, und dann gelangen eine beträchtliche Menge von Lichtstrahlen, die nach ihrem Durchgange durch das Deckglas und nach der durch den Austritt in die Luft hervorgerufenen Ablenkung an dem Objective vorübergegangen wären, noch auf dasselbe. Es tritt sonach dasselbe Verhältniss ein, als ob man den Oeffnungswinkel vergrössert hätte. Diese Einrichtung ist sonach namentlich in Betracht der schwierigsten physiologischen Untersuchungen ein wirklicher Fortschritt, wie mich die Benutzung meiner Hartnack'schen Systeme täglich mehr überzeugt. Ich habe, die englischen nicht ausgenommen, kein Objectivsystem kennen gelernt, was diese an Lichtstärke, an Freiheit von Aberrationserscheinungen, an auflösendem und begrenzendem Vermögen, sowie an Klarheit und Schönheit des Bildes überträfe.

Die Anwendung dieser Systeme erfordert allerdings Vorsicht bei der Behandlung, indem man Sorge dafür tragen muss, dass man nur ganz reines destillirtes Wasser anwendet und dass die vorderste Linse immer wieder gut abgewischt wird. Auch ist dafür zu sorgen, dass bei dem Gebrauche das störende Auftreten von etwa in der zwischenliegenden Wasserschicht erscheinenden Luftblasen möglichst abgehalten wird, um nicht auf deren Beseitigung längere Zeit verwenden zu müssen. Hierauf werden wir später, wenn von dem Gebrauche des Mikroskopes die Rede ist, noch einmal zurückkommen.

Die mechanische Einrichtung der Objective anlangend, haben wir die Art ihrer Fassung, die Verbindung der einzelnen Doppellinsen zu Systemen, die Verbesserungseinrichtung für verschieden dicke Deckgläschen und endlich die Art und Weise, wie dieselben mit dem Stative verbunden werden, näher ins Auge zu fassen.

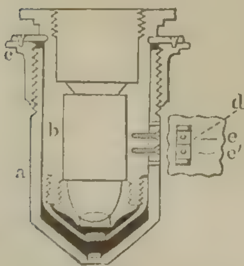
Fassung der Objectivsysteme. — Die Fassung wird bekanntlich von Messingröhrchen gebildet und hat man dabei vorzugsweise darauf zu sehen, dass die einzelnen Doppellinsen sowohl als auch die zu Systemen vereinigten, hintereinanderstehenden Linsen genau centrirt, d. h. so angeordnet werden, dass die optischen Mittelpunkte derselben genau in eine gerade Linie fallen. Andernfalls erleidet das Bild immer, selbst bei einem auch nur unbedeutenden Fehler gegen die genaue Centrirung, eine Verzerrung und nimmt an Nettigkeit und Reinheit ab. Die genaue Centrirung ist bei der Kleinheit der Linsen, welche zu den Objectiven der Mikroskope verwendet werden, immerhin, selbst bei den einfacheren Systemen, eine sehr schwierige Aufgabe und bedarf, um in befriedigendem Grade erreicht zu werden, grosser Geduld des Verfertigers. Noch weit grösser aber wird dieselbe bei den Systemen mit Verbesserungseinrichtung, bei denen die bewegliche Doppellinse ihre relative Lage zu den feststehenden bei jeder Aenderung des Abstandes wechselt.

Die Vereinigung der einzelnen Objective der Doppellinsen zu Systemen geschieht nach zwei verschiedenen Methoden. Nach der einen, zugleich älteren, welche noch gegenwärtig von Schiek, Wappenhans u. A. ganz, von Plössl und Nobert bei Herstellung der schwächeren Objectivsysteme befolgt wird, erhält das Mikroskop eine Anzahl einzelner Objective, welche ihrer Stärke nach mit der Nummer 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7 etc. bezeichnet werden, beigegeben. Diese werden dann in folgenden Reihen aufeinandergeschraubt benutzt: 1, 1 + 2, 1 + 2 + 3, 2 + 3 + 4, 3 + 4 + 5, 4 + 5 + 6 u. s. f., so dass also bei einem derartig eingerichteten Mikroskope ebenso viele Combinationen möglich sind, als die Anzahl der einzelnen Doppellinsen beträgt. Bietet nun diese Methode in Betreff der Zahl der einzelnen, zu einem bestimmten Mikroskope erforderlichen Linsen und dem damit zusammenhängenden Preise des Instrumentes einen gewissen Vortheil, so leidet sie doch an mancherlei Unzulänglichkeiten, welche sie weniger empfehlenswerth erscheinen lassen als die folgende. Erstlich hat man beim Vertauschen eines schwächeren mit einem stärkeren Objectivsysteme nicht allein die ganze in Gebrauch gewesene Combination von dem Rohre loszuschrauben, sondern es muss auch noch, wie aus den oben angegebenen Combinationsreihen ersichtlich ist, die vorderste Linse ab- und dafür eine neue Linse hinten aufgeschraubt werden. Hiermit ist natürlich immer ein nicht unbedeutender Zeitverlust verbunden. Bei dem Auseinander- und Wiederaufschrauben der einzelnen Linsen kann es geschehen, dass eine Schraube nicht ganz vollkommen angezogen, die betreffende Linse also nicht ganz in ihre bestimmte Stellung

zu der anderen kommt, woraus leicht Fehler in der Centrirung des Systemes hervorgehen, wenn nicht jede Linse für sich, sowie in Rücksicht auf die übrigen möglichst genau centrirt ist, was nicht immer ganz vollkommen erreicht wird. Lässt sich ein solcher Fehler auch nach gehöriger Untersuchung der Combination leicht verbessern, so raubt Untersuchung und Verbesserung doch nicht wenig Zeit. Endlich ist es selbst bei der sorgsamsten Arbeit doch kaum möglich, Systeme von solcher optischen Vollkommenheit herzustellen, als dies der Fall ist, wenn die einmal mit einander verbundenen, den besten Erfolg bedingenden Linsen als ein feststehendes Ganzes miteinander verbunden bleiben. Aus diesen Gründen haben denn auch solche Optiker, welche, wie Plössl und Nobert ihre schwächeren Systeme nach dieser Methode zusammenstellen, dieselbe, sobald sie stärkere Systeme, wie das System *abc* von Plössl und das $^1/_8$ und $^1/_{14}$ von Nobert herstellten, verlassen und sich der anderen Methode zugewendet. Diese zuerst von Oberhäuser, Amici und den englischen Optikern angewendet, geht darauf hinaus, dass die zusammengehörigen Linsen ein- für allemal zu einem festen Systeme vereinigt werden und hat gegenwärtig mit wenigen Ausnahmen allgemeinen Eingang gefunden. Erhöht sich auch bei dieser Methode die Anzahl der einzelnen zu einem Mikroskope gehörigen Doppellinsen und damit dessen Preis um etwas, so wird dies doch mehr als aufgewogen durch die Vollkommenheit der Systeme und den Zeitgewinn beim Wechseln der Vergrösserungen, sowie namentlich durch den Umstand, dass mit solch vollkommenen Systemen weit stärkere Oculare verbunden werden können, was in vielen Beziehungen mit nicht unerheblichem Gewinn verbunden ist. Man braucht nur einmal zwei nach den verschiedenen Methoden gebaute Instrumente zu vergleichen, um sich von letzterer Thatsache auf das Entschiedenste zu überzeugen.

Die Verbesserungseinrichtung wegen verschiedener Dicke der Deckgläschen beruht im Wesentlichen darauf, dass die Fassung der vordersten oder der hintersten Linse beweglich ist und über die Röhre, welche die mittlere und hintere oder vordere und mittlere Linse enthält, gleitend hinweggeführt werden kann. Beide Methoden, so verschieden sie auch erscheinen, laufen doch wesentlich auf ein- und dasselbe Ziel hinaus, und es lässt sich dasselbe bei ziemlich gleichartiger mechanischer Ausführung erreichen.

Fig. 25.

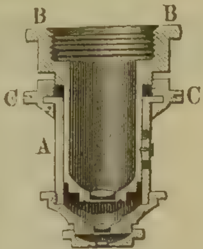


Die eine, zuerst von A. Ross eingeschlagene, auf dem Continente von Nachet, Hasert und Plössl befolgte Methode möge nebenstehende Durchschnittszeichnung eines Ross'schen Systemes mit Verbesserungseinrichtung (Fig. 25) erläutern. *a* ist die Röhre, welche die vordere, *b* diejenige, welche die fest mit einander verbundenen mittlere und hintere Linse enthält. Die erstere

gleitet über die letztere in der Art hin, dass deren höchster und niederster Stand durch das an diese festgeschraubte Stück *d* bestimmt wird, welches sich in dem in die Röhre *a* geschnittenen Ausschnitte auf und ab bewegt. Die gleitende Bewegung wird durch den Ring *c* vermittelt. Dieser trägt am unteren Ende eine Schraubenmutter, welche in das auf die Röhre *a* geschnittene Gewinde greift. Am oberen Ende desselben befindet sich dann ein ringförmiger Vorsprung, der in einer auf der Röhre *b* befindlichen Rinne läuft. Wird nun der Schraubenring *c* gedreht, so hebt und senkt sich derselbe sammt dem ringförmigen Vorsprunge, der an der Röhre *a* die gleiche auf- und abgleitende Bewegung hervorbringt. So kann je nach Bedürfniss die vordere Linse den beiden übrigen genähert, oder von denselben entfernt werden.

Bei den Hartnack'schen Systemen mit Verbesserungseinrichtung (Fig. 26) gleitet die Röhre *A*, welche die beiden vorderen fest mit einander verbundenen Linsen trägt, ebenfalls über die Röhre *B*, in welche die hinterste Linsencombination eingeschraubt ist. Der Ring *C*, vermittelst dessen die Correction vorgenommen wird, hat oben eine Schraubenmutter, welche in das auf der Röhre *B* eingeschnittene Gewinde greift; unterhalb der Schraubenmutter befindet sich dagegen eine Ringfurche, in welche ein Vorsprung der äusseren Röhre *A* so passt, dass sich der Ring *C* mittelst der Furche ohne Reibung über ihn wegbewegen kann. Durch die Umdrehung des Ringes wird nun die äussere Röhre je nach der Richtung der Drehung gehoben oder herabgedrückt und damit die beiden vorderen Linsen der hinteren genähert oder von derselben entfernt. Die Wirkung bleibt in Bezug auf die Aufhebung des Einflusses der Deckglasdicke zwar im Ganzen dieselbe, wie bei den nach englischer Weise eingerichteten Systemen; doch unterscheiden sich die Hartnack'schen Linsen in optischer Beziehung wesentlich, indem sowohl die Verbesserung der beiden Abweichungen und damit die Begrenzung und Farbenfreiheit, als auch die Grösse des Oeffnungswinkels und in Folge dessen das Auflösungsvermögen durch diese Art der Linsenverbindung bei den verschiedenen von der Deckglasdicke bedingten Stellungen weit weniger verändert werden, was als ein nicht wenig ins Gewicht fallender Vorzug zu betrachten ist.

Fig. 26.



Höchst einfach ist die von Hasert angewendete Verbesserungseinrichtung. Dieselbe besteht einfach darin, dass die unterste Linse losgeschraubt, also von den beiden hinteren entfernt werden kann, wenn ein dünneres als normales Deckglas zur Anwendung kommt. Dies setzt indessen eine sehr vorzügliche Centrirung der einzelnen Linsen voraus, indem durch die Correction stets die relative Lage der vorderen Linse gegen die übrigen geändert wird und offenbar Fehler in den mikroskopischen Bildern erscheinen müssen, wenn jene nicht ganz vollkommen ist.

Verbindung der Objectivsysteme mit der Mikroskopröhre. — Die Verbindung der Objectivsysteme mit dem Mikroskopkörper wird jetzt allgemein mittelst der Schraube bewerkstelligt. Die von Chevalier zuerst angewendete, von Harting neuerdings empfohlene Bajonettverbindung ist hierzu, wie schon Mohl bemerkt hat, ganz und gar nicht geeignet, da dieselbe leicht der Ausnutzung unterworfen ist, wodurch leicht ein Schlottern entsteht, was gerade hier von sehr nachtheiliger Wirkung sein müsste. In dieser Beziehung wäre nur zu wünschen, dass deutsche Optiker dem Beispiele der englischen folgten und die gleiche Schraube für ihre Objectivsysteme annähmen, um diejenigen des einen Meisters an dem Instrumente eines anderen sofort gebrauchen zu können. Wie erwünscht dieses für den praktischen Mikroskopiker wäre, geht aus der Erfahrung hervor, dass die Objective aus der einen Werkstätte diesen, die aus einer anderen jenen Vorzug in ihren optischen Leistungen besitzen. Freilich müsste dann auch die noch heute von einigen unserer tüchtigsten Optiker beibehaltene engherzige Gewohnheit fahren gelassen werden, ihre Objectivsysteme nicht einzeln, sondern nur mit ihren Stativen zu verabfolgen.

2. Das Ocular.

Soll das Ocular in Verbindung mit dem gegenwärtig in hohem Grade vervollkommneten Objectivsysteme die beste Wirkung hervorbringen, so muss auch ihm eine dem Zwecke des ganzen optischen Apparates möglichst entsprechende Einrichtung gegeben werden. Dass in dieser Beziehung die einfache Linse nicht genügen kann, ist natürlich. Denn selbst wenn man Linsen der besten Form anwenden wollte, würde der Erfolg doch nicht das erstrebte Ziel erreichen. In Folge der nothwendigen starken Krümmung der Linsenoberflächen, namentlich einigermaassen stark vergrössernder Linsen, müsste die Oeffnung derselben bedeutend verkleinert werden und es könnte nur ein sehr kleiner Theil des von dem Objective entworfenen Bildes übersehen werden. Ferner würde eine einfache Linse keineswegs genügen, um die an dem Objectivbilde haftenden Abweichungserscheinungen zu verbessern. Dies hatte man denn auch schon früh erkannt und sich, wie die Geschichte des Mikroskopes nachweist, bemüht, gerade dem Ocular eine grössere Vollkommenheit zu verschaffen.

Das Collectiv. — Das Mittel, welches dem beabsichtigten Zwecke möglichst vollkommen entspricht, ist die Einschiebung einer Linse zwischen Objectiv und Ocular in solcher Entfernung von beiden, dass das durch ihre Vermittlung entstehende Luftbild zwischen ihrer Fläche und der Stelle entsteht, wo das unmittelbar von dem Objectiv entworfene

Luftbild sich befinden würde. Zwar gehört diese Linse eigentlich zu dem Objective, mit welchem sie bei der Entstehung des objectiven Bildes zusammenwirkt. Da aber die erzielte Wirkung auch wiederum durch ihr Zusammenwirken mit dem Oculare erreicht wird und man beide Linsen sowohl aus optischen Gründen, als aus Bequemlichkeitsrücksichten beim Wechseln der Oculare in fester Verbindung mit einander — unter dem Collectivnamen Ocular — benutzt, so kann dieselbe füglich als ein integrirender Bestandtheil des Oculares betrachtet werden.

Fragen wir nach den von der Zwischenlinse auf die Leistungen des Mikroskopes geäusserten Einflüssen, so lassen sich dieselben unter folgenden Gesichtspunkten zusammenfassen:

Die von dem Objective (*ss*) (Fig. 27, a. f. S.) in divergirender Richtung ausfahrenden Lichtkegel werden durch das Zwischenglas *CC* einander genähert und das Luftbild erscheint in Folge dessen verkleinert. Nach den im Anfange dieses Abschnittes erörterten Grundsätzen würde nämlich das objective Bild des Gegenstandes *ab* in *AB* liegen. Da nun aber die von den Punkten *a* und *b* ausgehenden, durch das Objectiv gebrochenen Strahlen schon vor ihrer Vereinigung auf die Linse *CC* treffen, so werden sie nochmals gebrochen, treten in weniger divergirender Richtung aus und haben nun in den Punkten $a'b'c'd'f'$ ihre Vereinigungspunkte. $a'b'$ ist also das durch Vermittlung der Zwischenlinse von dem Gegenstande *ab* entworfene Luftbild. Dass es an Grösse gegen *AB* nicht unbedeutend abgenommen hat, lehrt die einfache Betrachtung der Figur. Ein genaues Verhältniss zwischen der Grösse beider Luftbilder ergiebt sich aus der Abänderung, welche nun das Verfahren zur Berechnung der Vergrösserung erleiden muss. Der eine Factor der früher angewendeten einfachen Formel

$$V = \frac{E}{e} \times \frac{d + f}{f}$$

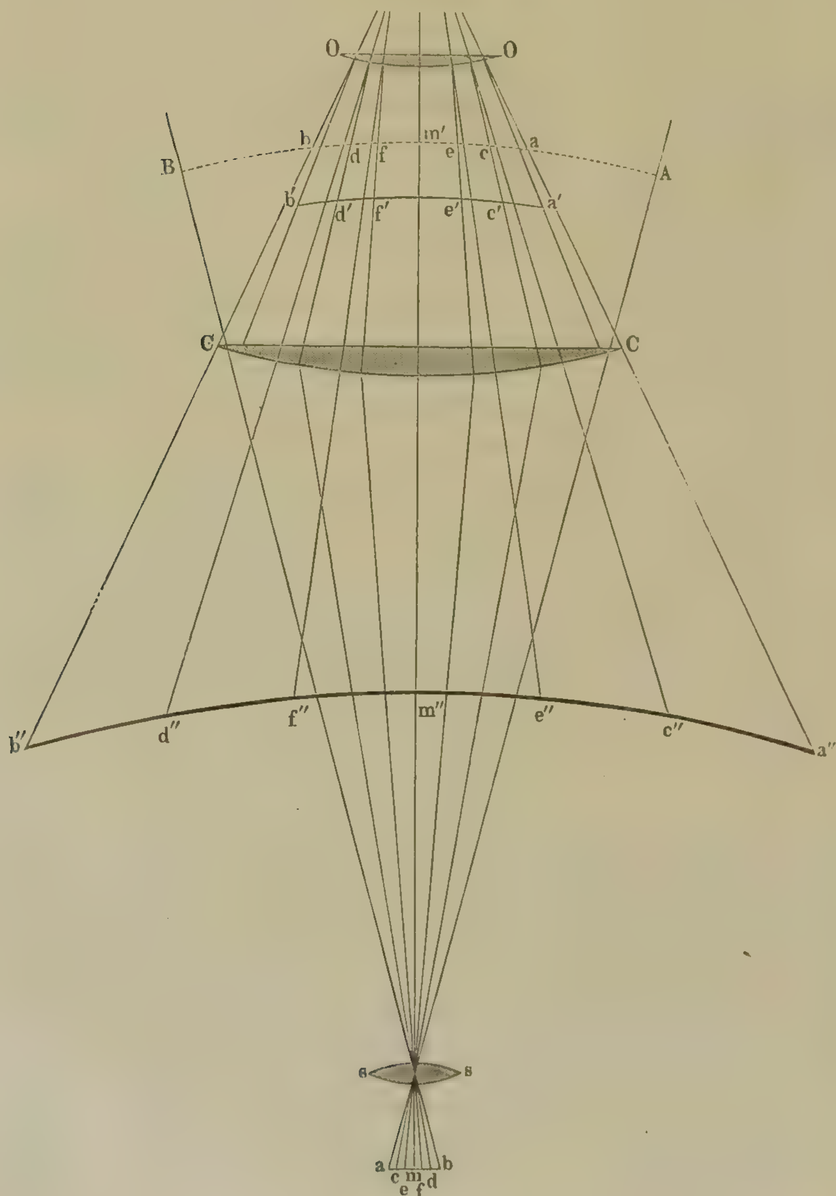
bleibt ungeändert, dagegen muss der letzte Factor, welcher die Vergrösserungszahl des Oculares vorstellt, eine Veränderung erfahren. Statt der Brennweite der Einzellinse muss nämlich die Brennweite einer Linse eingeführt werden, welche ebenso wirkt, wie die Verbindung der beiden Linsen *CC* und *OO*. Die Brennweite einer solchen äquivalenten Linse wird aber bekanntlich gefunden, wenn man die Brennweiten der beiden Linsen miteinander multiplicirt und dieses Product dividirt durch die um den Abstand beider Linsen verminderte Summe derselben. Bezeichnen wir die Aequivalentbrennweite mit F, die Brennweite der Ocularlinse mit f, diejenige der Zwischenlinse mit f' und den gegenseitigen Abstand mit e, so ist:

$$F = \frac{f \cdot f'}{f + f' - e}.$$

Sei nun z. B. $f = 15$, $f' = 45$, $e = 30$, so ist

$$F = \frac{15 \,.\, 45}{15 + 45 - 30} = 22{,}5.$$

Fig. 27.



Es verhält sich demnach die Aequivalentbrennweite beider Linsen zu der Brennweite der Ocularlinse allein wie 22,5 : 15 oder wie 3 : 2. Da nun die Vergrösserungskraft nahezu im umgekehrten Verhältnisse zu der

Brennweite steht, so wird das Luftbild gerade um $^2/_3$ mal verkleinert erscheinen, wenn man es statt durch eine einfache Linse von 15^{mm} Brennweite durch zwei Linsen von resp. 15 und 45^{mm} Brennweite und einem Abstand von 30^{mm} betrachtet. Das ganze Mikroskop gewährt demnach unter diesen Verhältnissen auch nur eine $^2/_3$mal so starke Vergrösserung als unter der ersten Voraussetzung.

Mit dieser Verkleinerung des Luftbildes sind aber einige nicht unbedeutende Vortheile verknüpft. Erstlich kann wegen dieser Verkleinerung jetzt von einem Gegenstande von gleicher Grösse mit der in Fig. 22 angenommenen nicht nur der mittlere Theil *cd* des Luftbildes, sondern dieses in seiner ganzen Ausdehnung $a'b'$ übersehen werden. Das Gesichtsfeld des Oculares gewinnt also an Ausdehnung. Da diese Wirkung eine Folge der Sammlung der von dem Objective divergirend ausgehenden Lichtkegel ist, welche im anderen Falle zum Theil an dem Oculare vorbeigehen würden, so hat man der Zwischenlinse den Namen Sammelglas, Collectivglas oder einfach Collectiv gegeben.

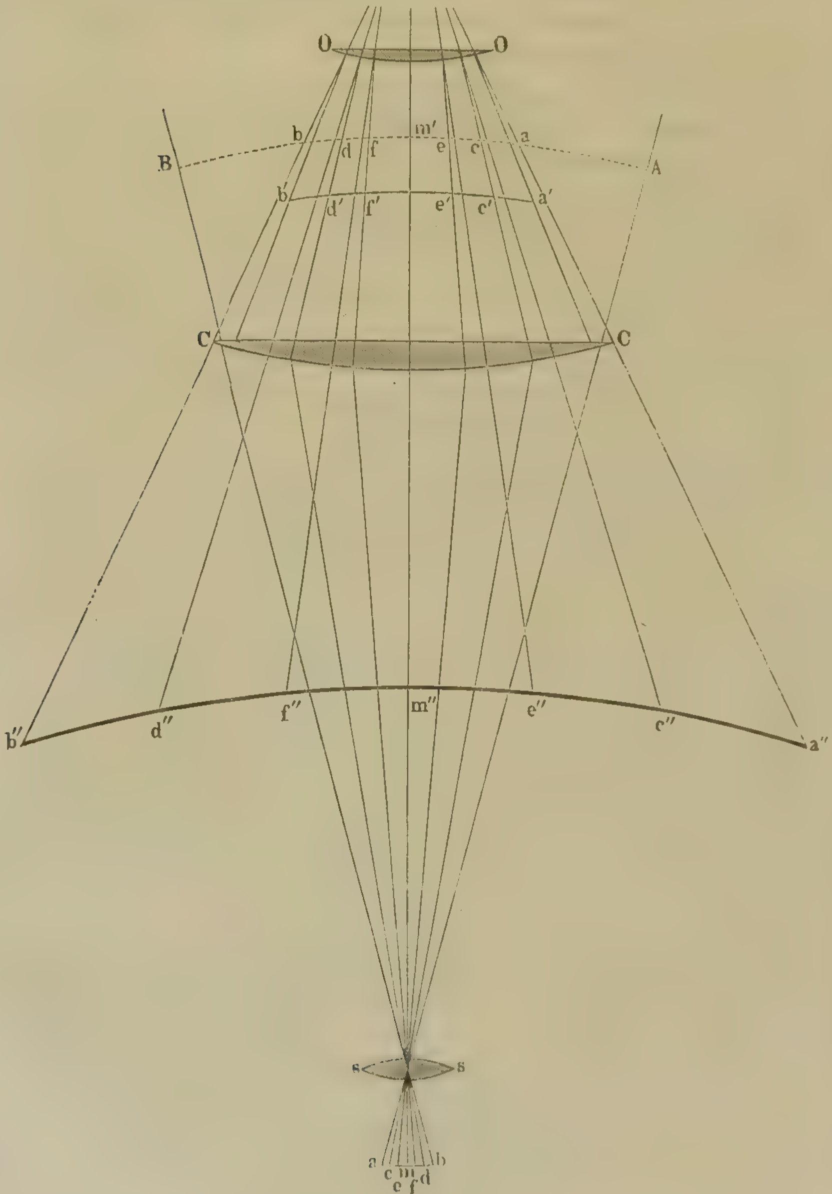
Mit der Vergrösserung des Gesichtsfeldes nimmt aber zweitens zugleich die Lichtstärke des Bildes zu. Die Strahlen nämlich, welche zur Bildung des ursprünglichen Luftbildes AB beigetragen hätten, werden jetzt alle in dem kleineren Raume $a'b'$ vereinigt. Nun nimmt bekanntlich die Lichtstärke im umgekehrten Verhältnisse mit dem Durchmesser des Bildes zu. Wäre demnach $a'b'$ nur halb so gross als AB, so würde jenes Bild, abgesehen von dem beim Durchgange durch die Linse CC in Folge von Zurückwerfung und Absorbtion hervorgerufenen geringen Lichtverluste, etwa viermal heller erleuchtet sein als dieses.

Eine weitere Folge der Annäherung der von dem Objective her divergirenden Lichtkegel durch das Collectiv besteht in der Beihülfe zur Flächencorrection, d. h. zu der Beseitigung der nicht unbedeutenden Verzerrung des Bildes. Von dieser verbessernden Wirkung kann man sich leicht durch eine einfache Betrachtung überzeugen.

Aus dem S. 22 Gesagten geht hervor, wie die durch das Objectiv hervorgerufene Verzerrung, d. h. die Verkleinerung der Randpartieen des Luftbildes durch das Ocular in höchstempfindlicher Weise in entgegengesetztem Sinne vergrössert, also in eine Vergrösserung der Randtheile übergeführt wird. Durch das Zwischenschieben des Collectives gewinnt nun aber der Einfluss des Objectives in dieser Beziehung an Uebergewicht. Diejenigen Strahlenbündel nämlich, welche von dem Objectiv aus auf das Collectiv treffen, erleiden vermöge der Kugelabweichung dieser Linse eine um so grössere Neigung zur optischen Achse, je weiter entfernt sie von dieser aus nach dem Rande der Collectivlinse durchgehen. So kommt es, dass die in der Figur 28 (a. f. S.) durch einfache Linien dargestellten Strahlenbündel, welche den Punkten *a*, *b*, *c*, *d*, *e*, *f* des Objectes entsprechen und in alphabetischer Ordnung schon das Collectiv um so mehr einander genähert treffen, je weiter sie in dem Objecte von dem

Mittelpunkte des Objectives abstehen, sich in dem durch das Collectiv vermittelten Luftbilde noch um so mehr nähern. Dieses letztere erleidet

Fig. 28.



also nach dem Rande hin eine noch stärker hervortretende Verkleinerung als die durch das Objectiv allein bewirkte; es sind die Entfernungen zwischen a' und c', b' und d' kleiner als zwischen c' und e', d' und f' und diese kleiner als jene zwischen e' und m', f' und m'.

Die Wirkung des Oculares kann nun immer leicht so geregelt werden, dass die einander entgegengesetzten Einflüsse, welche das mikroskopische Bild treffen, sich einander gegenseitig aufheben, und dieses letztere in Folge davon sowohl in seinen inneren Partieen, als in seinen Randtheilen eine möglichst gleichmässige Vergrösserung zeigt ($a''c'' = c''e'' = e''m''$ u. s. f.). Unter dieser Einwirkung des Collectivglases ist die Eigenschaft begriffen, welche man gewöhnlich als Ebenung des Gesichtsfeldes bezeichnet.

Harting (und ihm folgend Frey u. A.) haben dem Collective auch in Beziehung auf die wirkliche Ebenung des Gesichtsfeldes, d. h. auf die Aufhebung der durch das Objectiv bewirkten Krümmung der Bildfläche eine corrective Wirkung eingeräumt. Die Deductionen des erstgenannten Gelehrten sind indessen vollständig unrichtig. Die betreffende Figur auf Seite 134 ist falsch und jede genau und mit Sachkenntniss ausgeführte Construction muss sofort die Ueberzeugung gewähren, dass das durch die Collectivlinse vermittelte Bild ganz gleiche Krümmung haben muss, wie das vermittelst des Objectives allein entworfene. Ueberdies hat jeder unbefangene Beobachter hundert Mal Gelegenheit, sich von der Unrichtigkeit der Harting'schen Lehre zu überzeugen. Die Beobachtung von vollkommen ebenen Objecten, wie von zarten Pflanzenschnitten, Glasmikrometern, mikroskopischen Photographieen etc. zwingt ihn fortwährend, die Einstellung zu ändern, wenn er die Randpartieen des Bildes ebenso deutlich sehen will, wie die mittleren Theile, und zwar belehrt ihn die nothwendige Senkung des Tubus für die Randpartieen, dass diese tiefer liegen als die Mittelpartieen. Ich besitze gewöhnliche, orthoskopische und aplanatische Oculare und ich kann von keinem einzigen sagen, dass es die Bildfläche vollkommen ebene. Allerdings würde sich auch diese Krümmung durch geeignete Mittel heben lassen. Ich für mich jedoch halte diese Beseitigung um so mehr für einen zweifelhaften Gewinn, als die schwache Krümmung der Bildfläche von durchaus keinem erheblichen Einflusse auf die Beobachtung ist und dieser selbst bei feinen Messungen leicht umgangen werden kann.

Sind diese durch das Einschieben der Collectivlinse erreichten Vortheile schon erheblich genug, so tritt doch durch dessen Verbindung mit der Ocularlinse noch ein anderer hinzu. Dieser beruht auf dem Einflusse, welchen es auf die Verbesserung der chromatischen und in gewissem, wenn auch geringem Maasse der sphärischen Abweichung ausübt. Ein solcher Einfluss geht schon aus dem früher über das Doublet Angeführten hervor und werden wir darauf sogleich specieller eingehen, indem wir das bei dem zusammengesetzten Mikroskope gewöhnlich in Gebrauch befindliche Ocular einer näheren Betrachtung unterwerfen.

Huygens'sches Ocular. — Das sogenannte Huygens'sche oder negative Ocular war schon lange Zeit als Campani'sches Ocular bei dem Fernrohre in Gebrauch, ehe man es für das Mikroskop benutzte. Es besteht

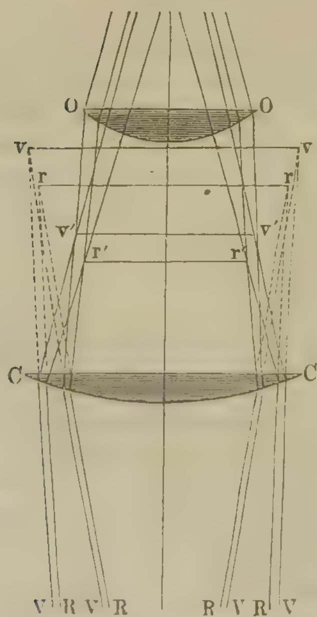
aus einem planconvexen Collectiv und einer gleichgeformten Ocularlinse, welche beide mit ihren erhabenen Seiten dem Objective zugewendet sind. Zur Erzielung der vollkommensten Wirkung ist es am vortheilhaftesten, wenn beide Linsen um die halbe Summe ihrer Brennweiten von einander abstehen, d. h. wenn sich die Brennweite des Collectives, dessen Abstand von der Ocularlinse und die Brennweite der letzteren zu einander verhalten wie 3 : 2 : 1. Dieses Verhältniss erleidet jedoch in der Praxis und bei verschiedenen Optikern mancherlei Abänderungen. Man kann daher auch die Objectivsysteme eines Optikers nicht unbedingt mit dem Oculare eines anderen gebrauchen, wenn man nicht Sorge trägt, die hierbei erforderlichen Correctionen anzubringen.

Die Blendung des Oculares erhält, das oben angegebene Verhältniss vorausgesetzt, ihren Platz in der Mitte zwischen beiden Linsen. Aendert sich das Verhältniss zwischen den Brennweiten dieser, dann muss auch jene eine andere Stelle einnehmen, da dieselbe immer mit der Ebene zusammenfallen muss, in welcher das objective Bild entsteht.

Um den Einfluss des Oculares auf die Verbesserung der Abweichungserscheinungen bei dem mikroskopischen Bilde zu untersuchen, müssen wir im Auge behalten, dass die Objectivsysteme nicht vollkommen aplanatisch, sondern in der Regel in chromatischer Beziehung etwas überverbessert sind.

Durch die chromatische Ueberverbesserung wird eine Umkehrung in der Reihenfolge der durch diese Abweichung hervorgerufenen farbigen Bilder veranlasst. Dasjenige Bild, welches bei einem nicht verbesserten Objective der Ocularlinse zunächst gelegen haben würde, d. h. das rothe, rückt jetzt in die weiteste Entfernung von derselben, das violette Bild dagegen nimmt seine Stelle ihr zunächst ein. Ganz dieselbe Erscheinung findet in Bezug auf die Ordnung der zwischen diesen beiden Grenzbildern liegenden übrigen farbigen Bilder statt. Seien nun VV, RR (Fig. 29) die äussersten Strahlen zweier von dem Objecte ausgehenden Lichtbündel, so würden ohne das Dazwischentreten der Collectivlinse die violetten Strahlen VV ein grösseres violettes Bild in der Fläche rv, die rothen Strahlen RR dagegen ein kleineres rothes Bild in der Fläche rr erzeugt haben. Durch das Collectiv wird zwar keine Aenderung in der Ordnung dieser, durch das überverbesserte Objectiv hervorgebrachten Bilder bewirkt, dieselben werden aber durch seinen Einfluss etwas näher

Fig. 29.



aneinandergerückt und kommen in die Flächen $v'v'$ und $r'r'$ zu liegen. Da nun der Brennpunkt der Ocularlinse $O\,O$ für die violetten Strahlen näher an dessen Oberfläche liegt, als der für die rothen, so werden, wenn das violette Bild etwas innerhalb der Brennweite der ersteren, das rothe etwas innerhalb der Brennweite der letzteren liegt, die von beiden Bildern divergirend ausgehenden Strahlen nach ihrer Brechung durch die Ocularlinse in paralleler Richtung in das Auge treten und ein (abgesehen von den jederzeit übrigbleibenden secundären Farben) farbloses Bild erzeugen.

Bezüglich der sphärischen Abweichung wirken bei dem Huygens'schen Oculare die Abweichungen beider Linsen, indem die näher dem Rande des Collectives durchgehenden Strahlen je eines Lichtkegels näher der Mitte durch das Ocularglas treten, in entgegengesetzter Weise und können sich bis zu einem gewissen Grade einander aufheben. Für das Zusammenwirken des negativen Oculares mit einem in sphärischer Beziehung überverbesserten Objectivsysteme gilt als Bedingung, dass die Entfernung der am weitesten von einander abstehenden Bilder gleich sei der Länge der sphärischen Abweichung der Ocularlinse, und dass das ihr zunächst liegende und grösste Bild etwas innerhalb der Brennweite für den Randtheil der Linse, das entferntere und kleinste Bild dagegen etwas innerhalb der Brennweite für den Mitteltheil entworfen werde. Die übereinanderliegenden Bilder werden dann nach dem Durchgange der Lichtstrahlen durch das Augenglas auf der Netzhaut des Auges zu einem einzigen, scharf umschriebenen Bilde vereinigt werden.

Da die Längen der chromatischen und sphärischen Abweichung nicht einander gleich sind, so leuchtet ein, dass das Ocular auch niemals eine gleich vollkommene Verbesserung für beide zu gewähren vermag. So erscheint denn, während für die eine der Culminationspunkt der Verbesserung gerade erreicht ist, die andere noch unter- oder schon überverbessert. Aus diesem Grunde muss das Streben bei der optischen Einrichtung des Oculares dahin gehen, ein mittleres Verhältniss zu treffen, bei welchem der möglichst beste Erfolg erreicht wird und bei möglichster Beseitigung der Bildverzerrung, welche leider häufig nicht genug berücksichtigt wird, das mittelst des Oculares entworfene Bild in möglichst hohem Grade in chromatischer wie in sphärischer Beziehung verbessert erscheint.

Unter dieser Bedingung und vorausgesetzt, dass das Ocular zu den verschiedenen Objectivsystemen eines Instrumentes in einem solchen Verhältnisse steht, dass durch ihre wechselseitige Verbindung das reinste und deutlichste Bild erhalten wird, kann die als passend gefundene Entfernung zwischen Collectiv- und Ocularlinse eine ein- für allemal feste bleiben, wie dies bei den Ocularen der meisten Optiker der Fall ist. Sind diese Voraussetzungen aber nicht erfüllt, finden zwischen den einzelnen Objectivsystemen ein- und desselben Instrumentes kleine Unterschiede in Bezug auf ihre Verbesserung statt, die nicht durch die bekannten Vorrichtungen an ihnen selbst beseitigt werden können, oder

will man die Oculare eines Optikers mit den Objectivsystemen eines anderen benutzen, so müssen entweder beide Linsen eine Veränderung ihres Abstandes zulassen, oder man muss sich mit anderen Mitteln vertraut machen, um die hierdurch veranlassten Störungen beseitigen und die Leistungen seines Mikroskopes bis zu einem möglichst hohen Grade steigern zu können.

Die Veränderung im Abstande der beiden das Ocular bildenden Linsen hat meines Wissens nur Amici angewendet. Diese Einrichtung beruht auf der Thatsache, dass sich mit der Entfernung zwischen Ocular- und Collectivlinse die Grösse und der wechselseitige Abstand der hintereinander liegenden Bilder ändert. Mit einer Annäherung der letzteren gegen die ersteren wächst die Grösse der einzelnen Bilder sowohl als die Entfernung zwischen den beiden äussersten Bildern; das Luftbild wird somit nach der Betrachtung durch die Ocularlinse in chromatischer und sphärischer Beziehung etwas überverbessert erscheinen. Umgekehrt nehmen diese beiden Factoren ab in dem Maasse, als die Collectivlinse von der Ocularlinse entfernt wird, und es kann das Luftbild je nach Grösse der Vermehrung der Entfernung für beide Abweichungen unterverbessert werden. Es kann mittelst dieser Einrichtung also immer eine solche gegenseitige Stellung der beiden Linsen erreicht werden, in welcher mit einem bestimmten Objectivsysteme die beste Wirkung zu erzielen ist.

Ein weiteres Mittel zu einer derartigen Corretion gewährt die Vergrösserung oder Verkleinerung des Abstandes zwischen Objectiv und Ocular. Je grösser oder kleiner dieser Abstand ausfällt, desto grösser oder kleiner wird nach dem früher Erörterten das Luftbild und nimmt zugleich der Abstand der beiden äussersten Abweichungsbilder zu oder ab. Man kann also durch dieses Mittel in gewissem Grade ganz dieselben Modificationen in den Verbesserungen der Bilder erreichen, wie durch die Correctionsoculare Amici's. Ein drittes Mittel bieten die Objectivsysteme selbst, wenn sie mit Verbesserungseinrichtung versehen sind, indem durch eine Aenderung in dem Abstande der Linsen die Verbesserung derselben in gewissen Grenzen modificirt werden kann. Wo von allen diesen Mitteln keines zu Gebote steht, wenn weder der Abstand zwischen Ocular- und Collectivlinse, noch der zwischen Ocular- und Objectivsystem geändert werden kann, und wenn uns einfache Objectivsysteme zur Verfügung stehen, dann kann man sich noch in gewissem Maasse durch die Wahl der Deckgläser helfen. Wäre z. B. die Länge der Abweichung bei dem Oculare im Verhältniss zur Ueberverbesserung des zu gebrauchenden Objectivsystemes zu gross, so würde ein dickeres Deckglas diesen Fehler heben können, indem durch dasselbe sich das richtige Verhältniss zwischen dem Abstande der äussersten Abweichungsbilder und der Aberrationslänge des Oculares herstellen liesse. Den gleichen Dienst würde ein dünneres Deckglas leisten, wenn die Aberrationslänge des Oculares zu klein wäre im Verhältniss zu der gegenseitigen Entfernung der Grenzbilder.

Neben dem vorigen wird das Ramsden'sche oder positive Ocular bei dem Mikroskope nur höchst selten angewendet und, so viel mir bekannt, in Deutschland nur von Plössl und, ihm nachfolgend, von Schröder, Schiek, Belthle eine Modification desselben auf besonderes Verlangen als aplanatisches Ocular abgegeben. In England dagegen wird es noch immer häufig als Mikrometerocular gebraucht.

Ramsden'sches Ocular. — Von dem Huygens'schen unterscheidet sich das positive Ocular wesentlich dadurch, dass die beiden ebenfalls planconvexen Linsen mit ihren convexen Seiten einander zugekehrt sind und deren Abstand ein weit kleinerer ist, so dass seine Wirkung der eines Doublets gleichkommt. In Folge dessen entsteht denn auch das Luftbild nicht zwischen Collectiv- und Ocularlinse, sondern schon vor der Oberfläche der ersteren.

Wird das Ramsden'sche Ocular als Mikrometerocular angewendet, so kommt der Glasmikrometer vor der Collectivlinse dahin zu liegen, wo das objective Bild entsteht. Sein Vortheil besteht dann darin, dass das Luftbild und die Mikrometerscala durch das Ocular in gleichem Maasse vergrössert werden, die Linien der letzteren namentlich in der Mitte des Gesichtsfeldes vollkommen geradlinig erscheinen und sich daher in verhältnissmässig gleicher Entfernung von einander befinden, was bei mikrometrischen Messungen allerdings sehr berücksichtigt zu werden verdient.

Orthoskopisches und aplanatisches Ocular. — Eine wesentliche Verbesserung hat das Ocular durch den zu früh verstorbenen C. Kellner aus Wetzlar erfahren, indem derselbe als Collectiv eine aus zwei Glassorten bestehende achromatische biconvexe Doppellinse anbrachte. Diese „orthoskopischen" Oculare, welche seitdem auch von Schröder u. A. nachgeahmt wurden, zeichnen sich erstlich durch ein sehr grosses Gesichtsfeld aus; dann aber ist auch die Verzerrung des Bildes vollständig beseitigt. Dass das Bild auch in einer Ebene liege, wie Harting behauptet, kann ich dagegen nicht bestätigen. Der Rand des Bildes verlangt eine etwas stärkere Senkung des Tubus als dessen Mitte.

Das aplanatische Ocular Plössl's besteht aus zwei achromatischen, planconvexen Linsen, giebt ein sehr helles, reines und scharfes, von Verzerrung freies, fast ebenes, aber nur wenig vergrössertes Bild, und kann überall da mit Vortheil angewendet werden, wo man gerade auf diese Verhältnisse besondere Rücksicht nimmt.

Collectiv- und Ocularlinse werden in der Regel in einer Messingröhre in festem Abstande eingeschraubt und die Blendung, welche dazu dient, um die schief auftreffenden, der Reinheit des Bildes schädlichen Lichtstrahlen abzuschneiden, erhält ihren Platz da, wo das objective Bild entsteht, bei den oben angenommenen Verhältnissen also in der Mitte zwischen beiden Linsen, jedoch unter oder über derselben, sobald sich

diese ändern. Die Linsen sowie die Blendung müssen sowohl für sich als in ihrer Verbindung unter einander ebenso genau centrirt sein, als dies früher bei dem Objectivsysteme verlangt wurde. Doch damit ist noch nicht genug, es muss auch die optische Achse genau mit der des ganzen optischen Apparates zusammenfallen, wenn nicht Fehler in den mikroskopischen Bildern entstehen sollen. Bei den oben erwähnten Amici'schen Correctionsocularen ist jede einzelne Linse in eine besondere Röhre gefasst, von denen die eine in die andere genau eingeschliffen ist und sich in derselben auf- und abbewegen lässt. Die innerste Röhre trägt dann aus leicht einzusehenden Gründen die Blendung.

Die Verbindung des Oculares mit dem Mikroskopkörper geschieht einfach durch Einschieben seiner Hülse in das Rohr. Diese Einrichtung verdient der Möglichkeit des schnelleren Wechselns halber den Vorzug vor einer Schraubenverbindung, setzt aber sehr genaue Arbeit voraus, so dass das Ocular bei jeder Stellung genau centrirt bleibt.

3. Der Beleuchtungsapparat.

Der dritte Theil des optischen Apparates unserer zusammengesetzten Mikroskope besteht aus dem Beleuchtungsapparate. Ist dieser Bestandtheil auch im Ganzen genommen von geringerer Wichtigkeit als Objectivsystem und Ocular, so muss derselbe doch, soll er der Vollkommenheit letzterer in genügender Weise entsprechen und bei unseren immer sehr begrenzten Lichtquellen eine Beleuchtung der mikroskopischen Objecte gestatten, welche deren besonderen, äusseren und inneren Structurverhältnissen am angemessensten ist, mit grosser Aufmerksamkeit und Sorgfalt hergestellt werden. Es ist und bleibt immer, selbst für ein optisch sonst ganz vollkommenes Instrument, ein schlechtes Ding, wenn die Beleuchtungsvorrichtung mangelhaft eingerichtet ist.

Durchsichtige und undurchsichtige Gegenstände verlangen, jegliche in ihrer Art, eine eigenthümliche Beleuchtungsweise. Erstere verlangen durchgehendes, letztere auffallendes Licht. Darnach zerfallen denn auch die Beleuchtungsvorrichtungen in zwei wesentlich verschiedene Gattungen.

Am häufigsten kommt die Beobachtung mittelst durchfallenden Lichtes vor, sei es, dass die Gegenstände schon von Natur aus dafür passend sind, oder erst durch Präparation in geeigneter Weise dazu hergerichtet werden. Betrachten wir daher zunächst den Apparat für diese Beleuchtungsweise. Derselbe hat verschiedene Bedingungen zu erfüllen, welche wesentlich durch die Art und Beschaffenheit der Objecte, namentlich aber durch deren feinere Structurverhältnisse bestimmt werden. Die einen verlangen ein sehr intensives, die anderen ein mehr gemässigtes Licht; die einen enthüllen das feinere Detail ihrer inneren, namentlich aber

mancher sehr zarten äusseren Structurverhältnisse am besten bei schief einfallenden Strahlen, die anderen lassen dagegen zur genauen Erkennung namentlich der feineren inneren Structur nur gerades Licht zu. Schliesslich bedingt die Construction der Objectivsysteme die Anwendung eines Lichtkegels bald von kleinerer, bald von grösserer Oeffnung, um verschiedene Structurverhältnisse mit der ihnen angemessenen Klarheit zu erkennen. Daraus ergeben sich denn unmittelbar die Anforderungen, denen ein vollständiger Beleuchtungsapparat zu genügen hat.

Erstens muss derselbe in allen seinen Theilen in normaler Stellung genau centrirt sein, d. h. seine optische Achse muss mit derjenigen des in der Mikroskopröhre enthaltenen optischen Apparates vollständig zusammenfallen.

Zweitens muss er es möglich machen, sowohl gerade, d. h. mit ihrer Achse in der Richtung der optischen Achse des Mikroskopes dahingehende, so wie von allen Seiten her schief einfallende, mit ihrer Achse die optische Achse unter beliebigen Winkeln schneidende Lichtkegel auf den Gegenstand zu leiten.

Drittens muss er möglichst viele und feine Abstufungen in der Intensität des Lichtes gestatten und

Viertens endlich muss es in der Gewalt des Beobachters liegen, je nach Bedürfniss Lichtkegel von grösserer oder kleinerer Oeffnung, d. h. Lichtkegel, gebildet aus Strahlen von verschiedenen Convergenzgraden, zur Beleuchtung zu verwenden.

Der Spiegel. — Da die Beleuchtung stets entweder mittelst des von dem Himmel oder von einer künstlichen Lichtquelle ausgehenden Lichtes geschieht, so ist als einer der wesentlichsten Theile des Beleuchtungsapparates der Spiegel zu betrachten, mittelst dessen jenes Licht aufgefangen und in das Mikroskop reflectirt wird. Man kann zu diesem Zwecke entweder einen ebenen Spiegel oder einen Hohlspiegel verwenden. Am zweckmässigsten erscheint jedoch, wie schon oben aus der vierten Forderung hervorgeht, die Vereinigung beider Spiegelarten in einer Fassung in der Art, dass sich auf der Vorderseite ein ebener, auf der Rückseite ein hohler Spiegel befindet. Man wird dann bei schwachen Vergrösserungen immer das schwächere Licht des Planspiegels verwenden und dadurch eine weit schönere und zweckmässigere Beleuchtung erzielen können, als wenn man das von dem Hohlspiegel reflectirte, immer sehr intensive Licht durch enge Blendungen zu beschränken sucht. Am wenigsten zweckentsprechend erscheint mir der Planspiegel für sich, indem sich mittelst desselben eben nicht der gewünschte Wechsel in der Intensität des Lichtes erzielen lässt und dieses selbst bei stärkeren Vergrösserungen ganz unzureichend wird. Dagegen ist er, wenn mit dem Spiegel noch eine achromatische Beleuchtungslinse verbunden wird, schon ausreichend, wenn man eben nicht beide Spiegel verwenden will, wobei weit mehr Spielraum in der Modification des Oeffnungswinkels der Lichtkegel

gegeben ist, als wenn man diese Linse bloss in Verbindung mit dem ebenen Spiegel gebrauchte.

Man fertigt jetzt fast allgemein die ebenen sowohl, als die concaven Spiegel aus Glas, und es scheint dasselbe auch nach allen Erfahrungen dasjenige Material zu sein, welches vorzuziehen ist. Zunächst liefern Glasspiegel ein weit helleres und weisseres Licht als Metallspiegel, und dann sind dieselben auch weit wohlfeiler herzustellen als die letzteren. Die doppelte Zurückwerfung sowohl von der vorderen, als von der hinteren Fläche, welche man den Glasspiegeln als Fehler entgegenhalten könnte, habe ich nie auf die Schönheit und Reinheit der Bilder influirend gefunden. Als Form hat man die runde festgehalten und würde die von Goring vorgeschlagene elliptische auch von ganz und gar keinem Vortheile, eher der Bequemlichkeit hinderlich sein. Die Grösse hängt von mancherlei Umständen, namentlich auch von der Form des Statives ab. Dieselbe schwankt im Allgemeinen zwischen 25 bis 50^{mm}, kann aber auch, wie das Taschenmikroskop von Nachet beweist, auf ein noch weit kleineres Maass (der Spiegel misst an demselben 14^{mm}) heruntergehen, ohne die Beleuchtungsfähigkeit des Spiegels bedeutend zu beeinträchtigen, wenn man nur seine Brennweite von entsprechender Grösse wählt.

Die genaue Centrirung des Spiegels ist ein für die Beobachtung sehr wichtiges Erforderniss und hat man in dieser Beziehung sein Augenmerk vorzüglich auch darauf zu richten, dass derselbe, wenn er aus der optischen Achse des Mikroskopes entfernt worden ist, mit voller Sicherheit wieder in jene Stellung zurückgebracht werden kann, wo sein Mittelpunkt genau mit dieser zusammenfällt. Sehr zweckmässig wäre es, wenn sich an dem Stative eine Vorrichtung befände, wodurch dieser Zweck ohne Mühe und Zeitverlust erreicht werden könnte, so dass man bei der Zurückführung in die Achsenstellung nicht immer das Auge von dem Oculare entfernen müsste, um mit dessen Hilfe die richtige Lage des Spiegels aufzufinden.

Die Verbindung des Spiegels mit dem Stative geschieht entweder mittelst eines eigenen Trägers (Belthle, Plössl bei dem grossen Stative, Nachet bei seinen mittleren und kleinen Instrumenten), oder durch Befestigung an der Säule, welche den Körper des Mikroskopes trägt (Hartnack, Zeiss, Schiek, Merz etc.). Er hängt dabei in einem Bügel, welcher sich mittelst eines Stiftes um seine horizontale Achse dreht, während der Spiegel selbst in einer auf dieser senkrechten Richtung um seine Querachse beweglich ist, so dass er unter jedem Winkel gegen die Lichtquelle geneigt werden kann. Diese Bewegung ist indessen nicht hinreichend, um der unter Zweitens gestellten Anforderung zu entsprechen, von allen Seiten her schiefes Licht auf den Gegenstand fallen lassen zu können. Dazu ist es nothwendig, dass der Spiegel ausserhalb der optischen Achse des Mikroskopes gebracht werden kann. Da man indessen den Gegenstand selbst entweder mittelst der Hand oder mittelst später zu beschreibender mechanischer Hilfsmittel drehen kann, so braucht der Spiegel nicht eine

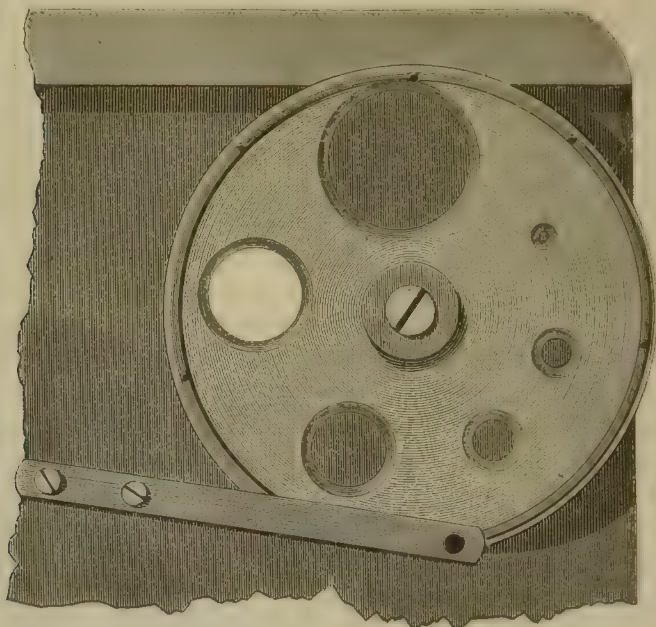
mit seiner Stabilität und namentlich mit seiner genauen Wiedercentrirung unvereinbarliche, allseitige Beweglichkeit gegen die Achse zu besitzen, sondern es genügt, wenn er sich in einer mit der optischen Achse zusammenfallenden, senkrechten Ebene zur Seite oder nach vorwärts bewegen lässt. Am einfachsten ist die von Amici wieder aufgenommene Einrichtung, dass der Bügel, welcher den Spiegel trägt, an dem untersten Ende einer Kurbel befestigt wird, die sich am oberen Ende in einem festen Stifte dreht und eine Bewegung nach links und rechts ausführen kann.

Blendungsvorrichtungen. Um die Abstufungen in der Stärke des von dem Spiegel reflectirten Lichtes nach Willkür regeln zu können, giebt es verschiedene Mittel. Eines derselben beruht in der von Oberhäuser angewendeten Verstellbarkeit des Spiegels in senkrechter Richtung, so dass derselbe der Tischöffnung und somit dem Objecte genähert oder von demselben entfernt werden kann. Für sich allein angewendet würde diese Vorrichtung unzureichend sein, dagegen gewährt sie in Verbindung mit den gleich näher zu besprechenden Blendungen einige Vortheile. Diese letzteren sind als das vorzüglichste Hilfsmittel zur Erreichung des genannten Zweckes zu betrachten, indem mittelst derselben ein beliebiger Theil des das Gesichtsfeld erleuchtenden Lichtbüschels abgeschnitten werden kann. Da es aber, wie wir später ausführlicher erörtern werden, bei Betrachtung verschiedenartiger Gegenstände und zur Erkennung von mancherlei Einzelnheiten in den feineren Structurverhältnissen derselben nicht gleichgültig ist, ob durch die Blendung die von den Randtheilen oder von der Mitte des Hohlspiegels zurückgeworfenen Strahlen abgeschnitten werden, da es vielmehr wünschenswerth ist, für manche Fälle nur diese, für andere nur jene zum Objective gelangen zu lassen, so müssen die Blendungen von zweierlei Art sein. Die einen, schon seit lange in Gebrauch befindlichen, müssen die Abhaltung der Randstrahlen, die anderen, deren Wichtigkeit man erst in neuerer Zeit schätzen gelernt hat, die der Achsen- oder Mittelstrahlen gestatten. Diese zweite Art der Blendungen leisten namentlich dann ihre vorzüglichsten Dienste, wenn sie mit einem vollständigen Beleuchtungsapparate in Verbindung gebracht werden; aber auch mit dem einfachen Hohlspiegel werden sie nicht ohne Vortheil gebraucht, wie ich mich hinreichend überzeugt habe. Für diesen Fall müssen sie aber in senkrechter Richtung beweglich sein. Bezüglich der Verbindungsweise der Blendungsvorrichtung mit dem übrigen Beleuchtungsapparate und dem Stative kommen verschiedenerlei Abänderungen vor, von denen hier nur der beiden am allermeisten in Gebrauch befindlichen gedacht werden soll.

Die einfachste Vorrichtung besteht aus einer runden Metallscheibe, welche sich um einen in ihrem Centrum gelegenen Stift dreht und eine Anzahl weiterer und engerer runder Oeffnungen enthält, welche durch ihre Umdrehung nach einander unter die Oeffnung des Objecttisches gebracht werden können. Soll dieselbe ihrem Zwecke möglichst voll-

kommen genügen, so muss sie sich entweder unmittelbar unter oder doch nur in kleiner Entfernung von dem Objecttische befinden und eine nicht zu geringe Anzahl, sondern etwa 6 bis 8 Löcher enthalten, die wiederum in einer solchen Entfernung voneinander stehen müssen, dass, wenn die eine derselben zur Seite gedreht wird, das Gesichtsfeld

Fig. 30.



vollkommen verdunkelt erscheint, ehe die andere hervortritt. Solche Scheiben, welche mit einigen wenigen, etwa zwei bis vier Oeffnungen versehen sind und sich einen Zoll, oder noch weiter unterhalb des Objecttisches befinden, entsprechen ihrem Zwecke an vollkommenen Instrumenten ganz und gar nicht und passen höchstens für kleinere Instrumente. Die Wirkung der drehbaren Blendungscheibe wurde durch die in Fig. 31 dargestellte gewölbte Form, welche Zeiss in Jena zuerst anwendete, bedeutend erhöht, indem dieselbe bei hinreichend starkem Objecttische noch eine sehr starke Annäherung an das Object gestattet.

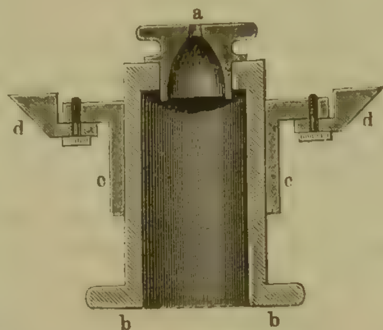
Fig. 31.



Weit zweckmässiger, wenn auch nicht so einfach und so billig herzustellen wie die drehbare Blendungsscheibe, ist der zuerst von Oberhäuser angewendete und von ihm später bedeutend vervollkommnete Apparat für bewegliche Blendungen.

Hier befinden sich die Blendungen *a* (Fig. 32) in dem oberen Ende eines messingenen Hohlcylinders *bb*, der genau in eine gleiche Hülse *cc* eingeschliffen ist und in derselben auf- und abbewegt werden kann, um die ersteren nach Belieben dem Objecte nähern oder von demselben entfernen zu können. Der ganze Apparat ist an einen Schlitten *dd* festgeschraubt, der unter dem Objecttische in Falzen läuft, wodurch es möglich gemacht ist, die Blendungen wechseln zu können, ohne dass man das Object von dem Tische zu entfernen brauchte. Mittelst dieser Blendungen kann man nicht nur den Stärkegrad des Lichtes neben dem Wechseln der Blendungen durch Auf- und Abschieben derselben in den feinsten Abstufungen einwirken lassen, sondern auch zugleich den Einfluss der allmälig sich ändernden Beleuchtung auf das Bild des Gegenstandes ungestört verfolgen und die für ein bestimmtes Object passendste Lichtstärke ausmitteln, was, für manche Fälle wenigstens, von grosser Wichtigkeit ist. Ferner können dieselben, was namentlich bei Anwendung von stärkeren, lichtschwächeren Vergrösserungen zur Beobachtung kleinerer Theile eines Objectes in Betracht kommt, unmittelbar unter den Objectträger gebracht werden, so dass der mittlere Theil des Gesichtsfeldes hell erleuchtet ist, während der übrige Theil mässigeres Licht erhält und nicht dadurch störend einwirken kann, dass überflüssiges Licht in das Auge gelangt. Auch in Bezug auf das Auffinden sehr kleiner Gegenstände bei starken Objectivvergrösserungen gewähren dieselben eine nicht zu verkennende Bequemlichkeit. Man braucht jene nämlich nur unmittelbar auf die kleine Oeffnung zu legen, um sie dann ohne vieles Suchen und grossen Zeitverlust in das Gesichtsfeld zu bringen. In der Röhre lassen sich dann auch leicht die Diaphragmen der zweiten Art anbringen und im Vereine mit dem Hohlspiegel vortheilhaft benutzen.

Fig. 32.



Am unbequemsten sind die festen, zum Einlegen in den Objecttisch bestimmten Blendungen. Zwar bieten dieselben im Vergleich mit der drehbaren Scheibe immer noch einige Vortheile, vorzugsweise auch in Beziehung auf genaue Centrirung dar; diese werden aber einestheils durch ihre Unbequemlichkeit und Störung der Beobachtung beim Wechseln aufgehoben, anderntheils lassen sich bei der Drehscheibe mit Leichtigkeit Vorkehrungen zu genauer Centrirung treffen.

Die zweite Art der Blendungen, welche bestimmt sind, die von der Mitte des Hohlspiegels reflectirten Strahlen abzuschneiden, bestehen aus kleinen kreisförmigen Blättchen, welche aus einer undurchsichtigen, geschwärzten Masse verfertigt sind und einen Durchmesser von 1 bis 5^{mm} haben können. Dieselben werden entweder auf eine drehbare Glas-

scheibe, in den Oeffnungen einer Metallscheibe (Fig. 33), oder an die dünnen Speichen eines sich horizontal drehenden Rädchens, oder auch auf einem horizontal verschiebbaren Glasstreifen (Fig. 34) befestigt. Immer aber hat man dafür zu sorgen, dass zwischen je zwei Blendungen ein hinreichender Zwischenraum bleibt, um nöthigenfalls das volle Licht durchlassen zu können. Befestigt man dieselben auf die oben berührte Weise in der Röhre für bewegliche Blendungen, oder senkrecht beweglich an einem Stäbchen, so kommt man wohl auch mit einem oder höchstens zwei Scheibchen aus, da man es in der Gewalt hat, durch deren Auf- und Abbewegen einer grösseren oder kleineren Menge der mittleren Strahlen den Zugang zu versperren. Damit verbindet sich noch ausserdem der Vortheil, dass man, wie oben bei den Blendungen zur Abhaltung der Randstrahlen schon erwähnt, während der Beobachtung ganz allmälig verschiedene Grade der Beleuchtungsstärke einwirken lassen kann.

Fig. 33.

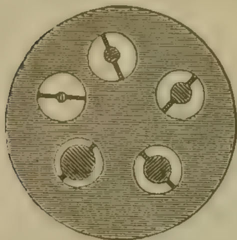


Fig. 34.



Auf die specielle Einrichtung des Blendungsapparates wird am besten bei Beschreibung der Instrumente aus den verschiedenen optischen Werkstätten näher eingegangen.

Lichtverstärkungsapparat. — Was endlich den letzten Punkt, d. h. die Aenderung der Convergenz der zur Beleuchtung verwendeten Lichtstrahlen betrifft, so lässt sich der beabsichtigte Zweck auf verschiedene Weise erreichen. Das einfachste, für gewöhnlich auch ganz zureichende Mittel bietet sich in der Verbindung des Hohl- und Planspiegels und in deren Verschiebbarkeit in senkrechter Richtung. Man kann dann bei genäherter Stellung des Concavspiegels mehr, bei entfernterer Stellung oder mittelst Gebrauch des Planspiegels minder convergirende Strahlen, d. h. Lichtkegel von mehr oder minder grosser Oeffnung, auf das Object werfen. Vollkommener erreicht man diesen Zweck durch die Einschiebung einer Sammellinse zwischen Spiegel und Objecttisch. Diese Linse mit einer Brennweite von 10 bis 15^{mm} ist wegen der dadurch bewirkten Verminderung der Abweichungserscheinungen am besten planconvex und mit ihrer erhabenen Seite dem Spiegel zugewendet. Mit ihr lassen sich dann auch auf sehr zweckmässige Weise die Blendungen zur Abhaltung der Rand- oder Mittelstrahlen in Verbindung bringen, wie dies z. B. auf höchst einfache Weise bei dem später zu beschreibenden Beleuchtungsapparate von Harting, oder in complicirterer Weise bei dem achromatischen Condensor der Engländer (in Deutschland von Bénèche in Berlin angefertigt) geschehen ist.

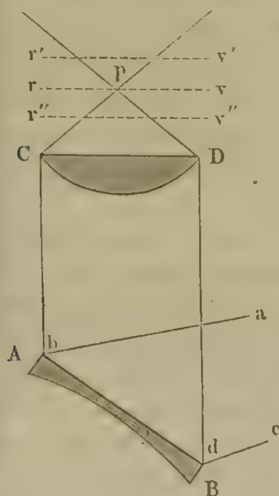
Amici wendet diese Linse in Verbindung mit einem Planspiegel,

andere Optiker in Verbindung nur mit dem Hohlspiegel an. Am meisten Spielraum gestattet jedoch auch hier die Verwendung beider Spiegel.

Harting hat, wie es dem aufmerksamen praktischen Beobachter bald auffallen muss, die Wirkungsweise der achromatischen Beleuchtungslinse in Verbindung mit Plan- und Hohlspiegel überschätzt und unrichtig dargestellt, indem er eben ganz ausser Acht liess, dass die Lichtstrahlen, welche wir durch den Spiegel auffangen, nicht von einem in unendlicher Entfernung befindlichen selbstleuchtenden Körper ausgehen, sondern dass sie von diffusem, d. h. unregelmässig zurückgeworfenem Lichte herrühren. Die Beleuchtung kann daher unter gewöhnlichen Umständen niemals so geregelt werden, dass wir das Object beliebig mittelst aus parallelen, divergirenden oder convergirenden Strahlen gebildeten Lichtbüscheln zu erhellen im Stande sind; im Gegentheil werden die durch den Beleuchtungsapparat in das Mikroskop gelangenden Lichtstrahlen immer eine mehr oder minder convergirende Richtung besitzen. Plan- und Hohlspiegel unterscheiden sich also, indem sie in annähernd gleicher Weise wirken, gleiche Ausmessungen vorausgesetzt, nur durch die Intensität der Beleuchtung; dasselbe findet in Bezug auf die Verbindung mit der Beleuchtungslinse statt. Nur wo wir unter Ausschluss des zerstreuten Lichtes mit directem Sonnenlichte arbeiten, wie das wohl manchmal bei Untersuchung schwieriger Objecte, in polarisirtem Lichte bei starker Vergrösserung, sowie zum Behufe der Aufnahme mikroskopischer Präparate durch die Photographie geschieht, lassen sich die von Harting erwähnten Beleuchtungsweisen erzielen.

Obgleich nun die ersterwähnten Untersuchungen nur in seltenen Fällen directes Sonnenlicht erfordern, so wird doch die Photographie, obwohl sie wohl kaum im Stande sein dürfte, die mikroskopischen Handzeichnungen zu verdrängen, in nächster Zeit für manche Zwecke der mikroskopischen Untersuchung ihre Bedeutung gewinnen, und will ich im Hinblicke hierauf die von Harting hervorgehobenen Beleuchtungsweisen nicht umgehen.

Fig. 35.



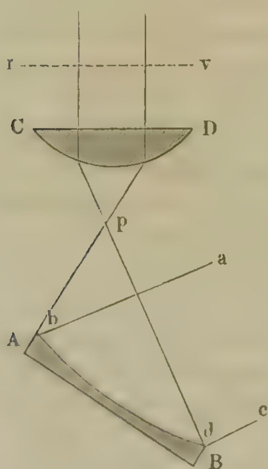
Wie die Beleuchtungslinse in Verbindung mit dem Planspiegel wirkt, geht aus folgender Betrachtung hervor.

Die parallel auf den Spiegel treffenden Strahlen ab und cd (Fig. 35) werden in paralleler Richtung nach der Linse CD zurückgeworfen und schneiden sich, nachdem sie dieselbe durchlaufen haben, in dem Punkte p. Ein in der Ebene rv liegendes kleines Object wird also von dem vollen concentrirten Lichtkegel getroffen werden, so dass gerade die Mitte des Seh-

feldes am stärksten beleuchtet ist. Rückten das Object und der Spiegel einander näher, so dass sich das erstere in der Ebene $r''v''$ befindet, dann wird es noch von convergirendem, aber weniger intensivem, d. h. auf einer weiteren Fläche ausgebreitetem Lichte getroffen. In der Lage $r'v'$ dagegen treffen nach ihrer Vereinigung auseinanderlaufende Strahlen auf das Object und das divergirende Licht ist um so intensiver, je näher $r'v'$ dem Vereinigungspunkte p liegt. Man kann demnach durch Höher- und Tieferstellen der Linse nicht allein die Richtung der Lichtstrahlen ändern, sondern auch die Stärke der Beleuchtung in gewissem Grade abstufen, wobei indessen der Winkel der einfallenden Strahlen stets der gleiche bleibt.

In weit vollkommnerer Weise lassen sich diese Modificationen in Richtung und Intensität des Lichtes mittelst Hohlspiegel und Sammellinse erreichen, wobei aber die Brennweite des ersteren für einen gegebenen Spiegelabstand vom Objecte so regulirt werden muss, dass man seinen Brennpunkt mit dem vorderen Brennpunkte der Linse genau zusammenfallen lassen kann. Wird dann die Entfernung zwischen Spiegel und Linse so geregelt, dass dieser letztere Fall eintritt und ihre beiden Brennpunkte zugleich in p (Fig. 36) liegen, so vereinigen sich die parallel auf den Hohlspiegel treffenden Strahlen ab und cd in p, also in dem Brennpunkte der Linse. Nach den Gesetzen der Lichtbrechung müssen sie daher nach ihrem Durchgange durch die letztere parallel austreten. Das Gesichtsfeld wird somit durch concentrirtes paralleles Licht erleuchtet, dessen Intensität in dem Verhältnisse höher ausfällt, als die Brennweite des Spiegels grösser ist als diejenige der Linse. Es steigt dieselbe nämlich im quadratischen Verhältnisse mit dem Quotienten aus der Brennweite der Linse in die des Spiegels, so dass, wenn dieser gleich 3 ist, die Lichtstärke, welche das Gesichtsfeld erleuchtet, neunmal grösser ist als die des auf den Spiegel fallenden Lichtes.

Fig. 36.



Entfernt man den Spiegel weiter von der Linse, so dass deren Abstand grösser wird als die Summe der Brennweiten, dann liegt der Vereinigungspunkt p (Fig. 37) der von dem Spiegel reflectirten Strahlen weiter von der Oberfläche der Linse entfernt, als deren Brennweite beträgt, und es treten demnach die von ihr gebrochenen Strahlen in convergirender Richtung aus. Die Convergenz nimmt aber bekanntlich zu, je weiter der Punkt p von der Oberfläche der Linse wegrückt, je mehr also die Entfernung zwischen Linse und Spiegel vergrössert wird und es ist hierin ein Mittel gegeben, um mit der Intensität des convergirenden Lichtes auch dessen Einfallswinkel zu ändern.

Ist endlich der Abstand zwischen Linse und Spiegel kleiner als die Summe ihrer Brennweiten, so treten, da nun der, als leuchtender betrachtete, Punkt p innerhalb der Brennweite der ersteren liegt, die Lichtstrahlen in divergirender Richtung aus (Fig. 38). Durch Höher- und Tieferstellen der Linse hat man es dann auch hier wieder in der Gewalt, Richtung sowohl als Intensität des Lichtes zu ändern.

Fig. 37.

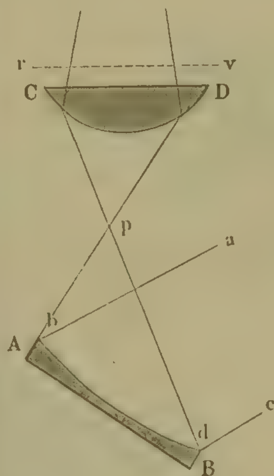
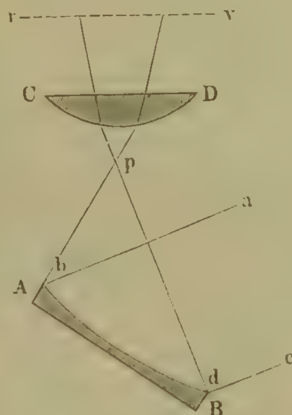


Fig. 38.



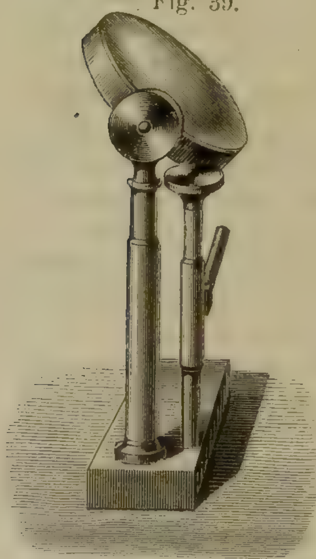
Ist ein Mikroskop mit dem Apparate für bewegliche Blendungen und mit einem Spiegel ausgestattet, der auf der einen Seite eben, auf der andern hohl ist, steht damit ferner eine Beleuchtungslinse, wie die erwähnte, in Verbindung, so besitzt man darin einen Beleuchtungsapparat für durchfallendes Licht, der in Rücksicht auf sämmtliche mikroskopische Beobachtungen wohl kaum etwas zu wünschen übrig lassen dürfte.

Wollte man indessen für einzelne sehr schwierige Fälle der Beobachtung noch höhere Leistungen des Beleuchtungsapparates erzielen, so kann man etwa die einfache Linse durch ein achromatisches Beleuchtungssystem ersetzen, wie dies die Engländer und in Deutschland Bénèche und Nobert thun. Ich muss übrigens gestehen, dass mir bis heute bei meinen Untersuchungen noch kein Fall vorgekommen ist, wo ich von dem einfacheren Apparate im Stiche gelassen worden wäre, oder wo mir die Anwendung eines Beleuchtungssystemes besonderen Vortheil gebracht hätte. So hohe Summen auf den Beleuchtungsapparat zu verwenden, wie dies in England geschieht, erscheint mir daher geradezu eine Verschwendung zu sein.

Sammellinse für auffallendes Licht. — Der Apparat für Beleuchtung mittelst auffallenden Lichtes bedarf weder einer solchen Vollkommenheit wie derjenige für durchfallendes Licht, noch kann derselbe, wenn er nicht zu complicirt und ausser Verhältniss mit seiner Leistungsfähigkeit kostspielig werden soll, in einer solchen hergestellt werden. Bei schwächeren Vergrösserungen von 20- bis 100mal im Durchmesser bedarf man bei unserem heutigen lichtstarken Mikroskope eigentlich noch gar keiner künstlichen Beleuchtungsmittel, sondern es genügt das gewöhnliche Tageslicht. Sollen aber undurchsichtige Gegenstände bei einer über 100fachen oder gar, was indessen nur höchst selten vorkommt,

bei einer 200- bis 300fachen Vergrösserung betrachtet werden, so bedarf es allerdings passender Apparate zu deren Beleuchtung; indessen genügen dann noch immer die einfacheren, allgemein in Gebrauch befindlichen, ohne dass man z. B. seine Zuflucht zu dem kostspieligen Wenham'schen Apparate zu nehmen brauchte. Für Vergrösserungen zwischen 100- bis 200 mal genügt vollkommen eine planconvexe Sammellinse, welche entweder, wie bei kleineren Instrumenten, an dem Mikroskope selbst oder, was vorzuziehen ist, auf einem eigenen schweren Fusse befestigt werden kann und dabei so eingerichtet sein muss, dass sie sich nach jeder Richtung wenden, unter jedem Winkel gegen die Achse des Mikroskopes neigen und in die für die intensivste Beleuchtung passende Entfernung von dem Objecte bringen lässt. Richtet man eine solche Linse, deren Oeffnung nicht zu klein sein darf, sondern mindestens 2 bis 5″ betragen muss, gegen den Himmel, stellt das Mikroskop hinreichend weit von dem Fenster entfernt auf, so dass ein möglichst kleines und helles Lichtbild auf den Gegenstand geworfen werden kann, und trägt man endlich dafür Sorge, dass das Gesichtsfeld hinreichend verdunkelt ist, was am besten mittelst Unterlegens von matten, schwarzen und undurchsichtigen Objectträgern geschieht, so wird man durch dieselben eine vollkommen ausreichende Beleuchtung erzielen.

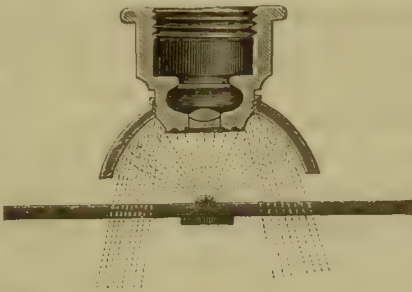
Fig. 39.



Lieberkühn'scher Spiegel. — Sollen zur Beobachtung opaker Gegenstände höhere, etwa 200- bis 400fache Vergrösserungen verwendet werden, bei denen durch das dem Gegenstande sehr genäherte Objectivsystem die von der Sammellinse kommenden Strahlen von dem Objecte abgeschnitten werden, so muss an die Stelle der Sammellinse der Lieberkühn'sche Spiegel, oder eine andere passende, aber einfache Vorrichtung treten, welche deshalb bei einem vollkommen ausgestatteten Instrumente nie fehlen sollte. Der Lieberkühn'sche Spiegel besteht aus einem kleinen, in der Mitte durchbrochenen Spiegelchen aus möglichst vollkommen polirtem, reinem Silber, von etwa 20 bis 25^{mm} Durchmesser, dessen Krümmungshalbmesser so gewählt sein muss, dass sein Brennpunkt mit dem Brennpunkte des in Gebrauch befindlichen Objectivsystemes zusammenfällt. Beim Gebrauche verschiedener Objectivsysteme muss daher auch zu jedem ein dafür eingerichteter Lieberkühn vorhanden sein. Man wird indessen einen solchen Wechsel mit den Objectivsystemen kaum nöthig haben, da man bei den schwächeren die Linse verwenden und bei etwa gewünschter Steigerung der Vergrösserung sich mit stärkerer Ocularvergrösserung helfen kann. Beim Ge-

brauche wird das Spiegelchen (Fig. 40), dessen centrale Oeffnung dem Objectivsysteme angepasst und so gross sein muss, dass die unterste Linse dieselbe gerade ausfüllt, mittelst seiner Fassung durch eine Schrauben- oder andere passende Vorrichtung unten an das Objectiv befestigt. Der durchsichtige Objectträger muss dann auf seiner oberen oder unteren Seite ein rundes Scheibchen aus einer geschwärzten und undurchsichtigen Masse enthalten, welches einen demjenigen der vorderen Linse gleichen Durchmesser hat, zur Aufnahme des kleinen, seinen Durchmesser nicht überschreitenden Objectes dient und das von dem Spiegel reflectirte Licht von dem Eintritt in das Objectiv abhält. Wird dann, nachdem man die grösste Oeffnung der drehbaren Scheibe unter die Oeffnung des Objecttisches gerückt, oder bei beweglichen Blendungen den ganzen Blendungsapparat entfernt und das dunkle Scheibchen des Objectträgers genau in die Achse des Mikroskopes gebracht hat, der Spiegel nach dem Himmel gerichtet, so gelangt sein Licht an der geschwärzten Scheibe des Objectträgers vorbei auf das sphärische Metallspiegelchen und wird von diesem aus allseitig auf das Object geworfen. Die Beleuchtung durch den Lieberkühn'schen Spiegel passt indessen nicht für jeden opaken Gegenstand. Abgesehen davon, dass dieser letztere nämlich nur von einer beschränkten Grösse sein darf, ist auch die mittelst dieses Beleuchtungsapparates erzielte Vertheilung von Licht und Schatten eine solche, dass sie nicht für alle Structurverhältnisse der Oberfläche die nöthige Klarheit und Schärfe gewährt. Näher hierauf einzugehen werden wir weiter unten Gelegenheit haben.

Fig. 40.



III. Stativ.

Obwohl das Stativ hinsichtlich seiner Wichtigkeit weit hinter dem optischen Apparate zurücksteht, so ist sein Bau doch immerhin von nicht unerheblichem Einfluss auf die Gebrauchsfähigkeit eines Instrumentes, und es verdient derselbe in seinen verschiedenen Theilen einer eingehenderen Betrachtung unterzogen zu werden. Dabei kann allerdings nur der allgemeine Standpunkt eingehalten und nicht auf besondere Fälle des Gebrauches Rücksicht genommen werden, welche eine oder die andere Abweichung in dem Baue des ganzen Statives oder einzelner Theile desselben bedingen.

Fassen wir, unter dieser Voraussetzung der Tüchtigkeit zu möglichst

allgemeinem und unbeschränktem Gebrauche bei mikroskopischen Untersuchungen in Thier- und Pflanzenanatomie, die Bestimmung des Statives ins Auge, so besteht dieselbe wesentlich in Folgendem. Es hat zunächst den optischen Apparat aufzunehmen und demselben eine, bei voller Unverrückbarkeit aus der Achse des ganzen Instrumentes, in vollem Umfange bis zum feinsten Grade zu modificirende Beweglichkeit zu ertheilen. Dann hat es den für die Beobachtung hergerichteten Gegenständen eine passende, genügend feste und für die verschiedenen etwa nothwendigen Manipulationen hinreichend Raum gewährende Unterlage zu bieten. Dem ersteren Zwecke dienen die Röhre sowie die Vorrichtungen zur Einstellung und zur Anbringung des Beleuchtungsapparates, dem letzteren der Objecttisch. Als Träger des Ganzen kommen dann noch Fuss und Säule hinzu.

Der Fuss und die Säule. — Was zunächst den ersteren betrifft, so ist erste und unerlässliche Bedingung, dass derselbe dem Mikroskope eine hinreichend breite Grundfläche biete und so schwer sei, dass der Schwerpunkt des ganzen Instrumentes nicht allein hinreichend unterstützt, sondern auch zugleich möglichst tief nach unten gerückt wird, um dasselbe vor jedem zufälligen Umfallen genügend zu schützen. Dieses Ziel kann auf verschiedene Weisen erreicht werden, die alle mehr oder minder ihrem Zwecke entsprechen.

Es kann der Fuss, wie bei den im Vorausgehenden beschriebenen einfachen Mikroskopen, von dem Kasten gebildet werden, so dass das Stativ auf demselben festgeschraubt wird. Diese Ausführungsweise ist namentlich bei kleineren, sogenannten Reise- oder Taschenmikroskopen anwendbar, da dieselben dadurch bedeutend an Compendiosität gewinnen. Allein dann darf, wenn später zu besprechende Vortheile beim Gebrauche nicht verloren gehen sollen, erstlich das Mikroskop selbst nicht sehr hoch sein und zweitens muss der Kasten sich nicht von oben, sondern von der Seite öffnen, damit man ohne Störung Oculare und Objective wechseln kann.

Die früher fast allgemein gebräuchliche Form des Fusses, wo derselbe aus drei Armen besteht, die zum Zusammenlegen eingerichtet sind, ist jetzt ziemlich selten geworden. Zwar ist dieselbe, abgesehen von ihrer immer nicht sehr bedeutenden Festigkeit, nicht gerade unbedingt zu verwerfen, namentlich wenn die Gelenke sehr genau gearbeitet sind und dafür Sorge getragen ist, dass die Höhe des Armes dessen Breite übertrifft, so dass jedes Schlottern und Federn vermieden wird. Doch bringt das immer sich wiederholende Auseinanderschlagen und Zusammenlegen einige Unbequemlichkeit mit sich und leiden dadurch nach und nach die Gelenke immer etwas, so dass man bei längerem Gebrauche den vollkommen festen Stand einigermaassen vermissen wird, es sei denn, dass man das Mikroskop beständig unter Glaskasten oder Glocke aufbewahre. Auch lässt sich diese Form des Fusses nicht gut bei solchen Instrumenten anwenden, welche mit drehbarem Objecttische versehen

sind, und müsste selbstverständlich ganz wegfallen, wo die Drehung in den Fuss verlegt ist, wie bei den Mikroskopen von Kellner, Belthle, oder den neueren Instrumenten von Nobert und Plössl.

Am zweckmässigsten finde ich den festen, aus einem einzigen Metallstücke gearbeiteten Fuss, mag derselbe rund oder hufeisenförmig sein oder sonst eine Form besitzen. Derselbe bietet dem Stative nicht nur eine hinreichend grosse Unterstützungsfläche, sondern es wird durch sein ansehnliches Gewicht auch der Schwerpunkt des ganzen Instrumentes ziemlich tief nach unten verlegt, was selbst den kleineren Mikroskopen mit einem Fusse von geringeren Dimensionen hinreichende Festigkeit verleiht, so dass kaum irgend ein Unfall zu befürchten ist.

Mit dem Fusse steht unmittelbar die Säule in Verbindung, welche in der Regel den Beleuchtungsapparat, den Objecttisch und den eigentlichen Körper, die Röhre zur Aufnahme der Objective und Oculare trägt und an welcher auch meistens die Mittel zur Einstellung, d. h. zur senkrechten Bewegung der Röhre gegen das Object angebracht sind. Hier nun sind so viele ihrem Zwecke alle fast gleich gut entsprechende Modificationen möglich und auch ausgeführt, dass wir uns ein weiteres Eingehen darauf bis dahin ersparen müssen, wo von den Mikroskopen aus den verschiedenen optischen Werkstätten die Rede sein wird.

Der Objecttisch. — Der Objecttisch ist einer der wichtigsten Theile des Statives, von dem namentlich die Bequemlichkeit bei der Benutzung des Instrumentes sehr abhängt. Es ist daher nothwendig, dass ihm bei dem Baue eines Mikroskopes die nöthige Aufmerksamkeit zugewendet wird. Vor Allem ist darauf zu sehen, dass der Objecttisch sich in einer Höhe über dem Arbeitstische befinde und eine Grösse erhalte, die es gestatten, alle während der Dauer einer Beobachtung nothwendigen Manipulationen mit Sicherheit und Bequemlichkeit auf ihm ausführen zu können und sich weder in der Grösse der Objectträger, noch in deren Bewegung nach allen Seiten hin im mindesten beschränken zu müssen. An vielen älteren und auch an manchen der kleinen neueren Instrumente ist derselbe offenbar zu klein oder doch zu schmal. Am zweckmässigsten ist wohl ein Durchmesser von 70 bis 100^{mm} nach Länge und Breite, und darf man auch selbst bei den kleineren Instrumenten, ohne in der Anwendung grösserer Glasplatten zu sehr beschränkt zu werden, nicht gut unter ein Maass von 50 bis 60^{mm} herabgehen. Was seine Form anbelangt, so ist dieselbe im Ganzen ziemlich gleichgültig, doch möchte im Allgemeinen die quadratische oder runde der rechteckigen vorzuziehen sein, weil eben diese Formen den grössten benutzbaren Raum gewähren.

Die Oberfläche des Objecttisches darf niemals so beschaffen sein, dass von ihr aus fremdes Licht in das Auge oder auch beim Gebrauche schwächerer Objectivsysteme in das Mikroskop reflectirt wird. Da er indessen immer aus Messing angefertigt wird, so muss dieses entweder

matt geschliffen oder geschwärzt sein, oder es muss in den Tisch selbst, wie dies in neuerer Zeit von Hartnack und Belthle geschieht, eine matt geschliffene und geschwärzte dicke Glastafel eingesetzt werden. In letzterem Falle hat man dann auch noch den Vortheil, dass der Objecttisch nicht so leicht irgend welchen Beschädigungen durch die Reagentien ausgesetzt ist, mit denen der Mikroskopiker ja immer umzugehen hat. Feststehende Federklammern und dergleichen Vorrichtungen sollten auf der Oberfläche des Tisches ebenfalls nicht angebracht sein. Man wird durch diese Beigaben nur in der Freiheit der Bewegung des Objectes gehindert, ohne dass man ihrer bei der senkrechten Stellung des Mikroskopes jemals bedürfte, ausgenommen etwa solche Fälle, wo man den Objectträger bei Demonstration möglichst zu fixiren wünschte. Zu diesem Zwecke aber sind dann am besten ein paar bewegliche Federklammern zu verwenden, welche in passend angebrachte Löcher eingesteckt und nach dem Gebrauche wieder entfernt werden können. Bei horizontaler Stellung des Mikroskopes, die indessen nur als Ausnahmefall vorkommen dürfte, sind derartige Apparate allerdings unbedingt nothwendig, müssen aber auch ihre Entfernung gestatten.

Die Oeffnung zum Durchlassen des von dem Spiegel zurückgeworfenen Lichtes ist für gerade Beleuchtung hinreichend weit, wenn ihr Durchmesser wenig grösser ist, als derjenige des Gesichtsfeldes bei der schwächsten Vergrösserung und etwa 12 bis 15mm misst. Für schiefe Beleuchtung dagegen sowie bei Anwendung des Lieberkühn'schen Spiegels zur Beleuchtung undurchsichtiger Gegenstände ist eine etwas weitere Oeffnung von etwa 25 bis 30mm sehr erwünscht. In diesem Falle sind wieder die beweglichen Blendungen von unbedingtem Vortheile, indem man den Blendungsapparat ganz entfernen kann und dann eine hinreichend weite Oeffnung erhält. Bei der drehbaren Blendungsscheibe ist dagegen die weite Oeffnung des Tisches wegen der Zwischenräume zwischen den Oeffnungen immer mit einiger Unbequemlichkeit verbunden und muss für eine passende Einlage Sorge getragen werden, um erstere in dem nöthigen Maasse verringern zu können.

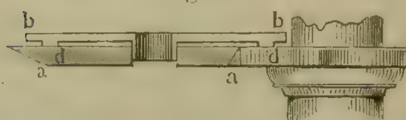
Zu den Haupterfordernissen eines zweckentsprechenden Objecttisches gehört möglichste Festigkeit und Freiheit vom Federn. Man muss daher vermeiden, demselben eine zu grosse Beweglichkeit zu ertheilen. Was erstens dessen Beweglichkeit in verschiedenen Richtungen der Horizontalebenen betrifft, wie sie namentlich von den englischen Optikern erstrebt und zu deren Ausführung der Tisch mit Schrauben- oder Hebelvorrichtungen überladen wird, so ist dieselbe nicht allein für den Mikroskopiker von Fach ganz und gar entbehrlich, sondern grundsätzlich zu verwerfen, weil alle diese Vorrichtungen nur Zeit und Aufmerksamkeit in Anspruch nehmen, welche mit viel mehr Nutzen auf die Beobachtung verwendet würden. In dieser Beziehung kann man nicht zu oft die sehr treffenden Worte Hugo v. Mohl's (Mikrographie Seite 89) wiederholen: „Wer nicht die manuelle Geschicklichkeit hat, um mit einem einfach ge-

bauten Mikroskop zu beobachten, wer für jede Bewegung, anstatt seinen Finger zu gebrauchen, eine Schraube nothwendig hat, der ist ohnehin zum mikroskopischen Beobachter untauglich, denn er wird vergeblich ein brauchbares Präparat zu verfertigen sich bemühen." Man gehe nur einmal die Geschichte der mikroskopischen Entdeckungen durch. Die meisten sind mit höchst einfach gebauten Instrumenten aus deutschen oder französischen Werkstätten gemacht.

Nur eine Bewegung, in horizontaler Ebene, scheint mir nicht allein wünschenswerth, sondern für manche Fälle ganz unentbehrlich. Dies ist die Drehung des Tisches um die optische Achse. Sie ist, wenn man bei schiefer Beleuchtung Licht von allen Seiten her auf das Object fallen lassen will, nicht allein sehr bequem, sondern kaum zu ersetzen, und deshalb auch fast von allen Optikern mindestens an ihren grösseren Instrumenten angebracht. Aber auch für die Beobachtung bei gerader Beleuchtung bietet diese Bewegung solche Vortheile und Annehmlichkeiten, dass sie jedem Instrumente einen Vorzug vor einem andesichert, dem sie fehlt. Kann man auch nöthigenfalls die gewünschte Drehung mit der freien Hand ausführen, so bleibt sie doch ohne besondere Uebung immer höchst mangelhaft. Erstlich veranlasst sie mancherlei Zeitverlust, indem dabei, namentlich bei stärkeren Vergrösserungen, das Object fortwährend aus dem Gesichtsfelde verschwindet und immer wieder aufs Neue zurechtgerückt werden muss. Dann aber wirkt sie, was besonders hervorzuheben ist, bei der Beobachtung durch dieses fortwährende aus dem Gesicht Verlieren des Objects höchst störend, während man bei drehbarem Tische den Gegenstand von allen Seiten der schiefen Beleuchtung aussetzen und deren gradweise Einwirkung verfolgen kann, ohne das Auge auch nur einen Augenblick vom Mikroskope entfernen zu müssen. An den bisher praktisch befolgten Ausführungsweisen des drehbaren Objecttisches ist namentlich Zweierlei zu tadeln. Erstens erfordern dieselben bei manchen Instrumenten während der Umdrehung ein Festhalten des Fusses mit der zweiten Hand, so dass keine für die Einstellschraube frei bleibt. Dadurch muss aber die genaue Beobachtung und Durchforschung des zu untersuchenden Gegenstandes, wenn auch nur auf kurze Zeit, unterbrochen werden, indem während der Drehung bekanntlich die feine Einstellung fortwährend etwas geändert werden muss. Zweitens geht durch die Art und Weise ihrer Verbindung mit den übrigen Theilen des Mikroskopes, bei den Oberhäuser'schen Instrumenten z. B. durch den Schraubenknopf der feinen Einstellung, bei den Kellner'schen durch das Zwischenstück, welches den Tisch mit der Drehscheibe verbindet, ein mehr oder minder grosser Theil der Umdrehung verloren. Theilweise wird nämlich die weitere Drehung durch das Anstossen an den schief stehenden Spiegel gehindert, theilweise durch zwischentretende Stativtheile das Licht vom Spiegel zum Theil abgeschnitten und das Gesichtsfeld verdunkelt. Zweckmässiger wäre es, die Einrichtung zur Drehung des Objecttisches mit möglichster Berücksichtigung genauer Centrirung und

der nöthigen Stabilität derart anzubringen, dass sich mittelst einer passenden Vorrichtung dessen innerer, etwas über die übrige Fläche hervorragender Theil für sich um die optische Achse drehen liesse, so etwa, wie dies bei dem zu goniometrischen Messungen bestimmten Tische der grossen Brunner'schen Mikroskope geschieht. Einfacher noch wäre die von Welker (Ueber Aufbewahrung mikroskopischer Objecte etc. 1856) empfohlene Objectdrehscheibe (Fig. 41), wenn sich dieselbe in ihrer einfachen Form so genau herstellen liesse, dass sie immer vollkommen centrirt bliebe. Dies ist aber, wie ich von Belthle erfahren, nicht in dem erforderlichen Grade zu erreichen. Es hat daher selbst dieser Optiker vorgezogen, auch seine kleineren Mikroskope zu 50 Thalern mit drehbarem Tische zu versehen. Für kleinere Instrumente mit hinreichend grossem Objecttische, an denen eine bessere Vorrichtung fehlt, kann ich die Drehscheibe indessen immerhin aus eigener Erfahrung zur Aushilfe empfehlen, indem die Bewegung doch derjenigen mit freier Hand weit vorzuziehen ist.

Fig. 41.



Gegen die Beweglichkeit des Objecttisches in senkrechter Richtung, um dadurch die Einstellung des Objects zu bewirken, glaube ich mich ohne allen Vorbehalt aussprechen zu müssen. Der einzige Umstand, der zu Gunsten der senkrechten Bewegung des Tisches geltend gemacht werden kann, dass das Ocular dabei immer in gleicher Höhe über dem Arbeitstische stehe und so dem Beobachter bezüglich der Haltung des Kopfes einige Bequemlichkeit gewähre, ist kaum beachtenswerth, da der Unterschied in der Erhebung oder Senkung des Oculares über die Tischoberfläche für die Körperstellung kaum merklich ist. Ich habe häufig mit Instrumenten beiderlei Art gearbeitet und konnte in dieser Beziehung demjenigen mit beweglichem Objecttische nie einen Vorzug abgewinnen. Der von Harting noch ausserdem angeführte Grund fällt meiner Ansicht nach ganz ausser Gewicht, da wohl kaum ein Mikroskopiker der Zeichnung oder Messung wegen sein Arbeitsmikroskop zu einem tragbaren Sonnenmikroskop umzuwandeln in Versuchung kommt. Es giebt Zeichen- und Messapparate genug, die alles leisten, was man in dieser Beziehung verlangen kann. Selbst bei den kleineren Instrumenten sollte man diese Bewegung, wenn es irgend angeht, vermeiden. Denn entweder erreicht man dadurch bei möglichster Stabilität des Objecttisches die feine Einstellung, welche hauptsächlich noch hier und da in dieser Weise angebracht wird, für stärkere Objectivsysteme nur unvollkommen, oder es bleibt dem Tische, wenn man die Einstellung möglichst vollkommen zu erreichen sucht, immer ein gewisses Federn, was bei dem geringsten Drucke der Hand höchst unangenehm wird. Endlich ändert sich bei beweglichem Objecttische mit jedem Wechsel der Einstellung die Beleuchtung, was zwar für geringere Vergrösserungen weniger in Betracht kommt, bei der Anwendung starker Objectivsysteme da-

gegen und bei sehr schwierigen Objecten nicht ohne Nachtheil ist. Es ist daher dankend anzuerkennen, dass viele Optiker auch in dieser Beziehung den Anforderungen der Mikroskopiker gerecht geworden sind und nicht nur bei ihren grösseren Instrumenten, sondern auch bei den mittleren und kleinen die feine Einstellung an dem Stative angebracht haben, wie namentlich Belthle bei seinem Nro. 3, Hartnack bei seinem Nro. 8 und Nro. 3, Zeiss in Jena sowie Nachet bei ihren sämmtlichen kleineren Instrumenten. Es wäre nur zu wünschen, dass man diesem Beispiele allgemein folgen möchte.

Mikroskopröhre. — Die Mikroskopröhre, dazu bestimmt, die Hauptheile des optischen Apparates, Objectivsystem und Ocular aufzunehmen, erhält durch diese Bestimmung ihre Construction ziemlich genau vorgezeichnet. Da es, wie bereits bei Besprechung der allgemeinen Grundsätze gezeigt wurde, in Bezug auf die Grösse sowohl als auch auf die sonstigen Eigenschaften des mikroskopischen Bildes durchaus nicht gleichgültig ist, in welcher Entfernung sich Objectiv und Ocular voneinander befinden, so wird hierdurch schon eine Grenze gezogen, über die man bei der Länge der Röhre weder hinaus- noch hinabgehen darf, wenn man möglichst vollkommene Bilder erhalten will. Bei einer sehr kurzen Röhre müsste dem Ocular ein weit bedeutenderer Theil der Vergrösserung überlassen bleiben, als bei einer längeren. Da es aber, wie oben schon dargethan, immer am vortheilhaftesten ist, den Hauptfactor der Vergrösserung in das Objectivsystem zu verlegen, so ist im Allgemeinen und soweit es andere Rücksichten gestatten, eine grössere Entfernung zwischen letzterem und dem Oculare, also eine längere Röhre vorzuziehen. Gegen ein sehr verkürztes Rohr spricht namentlich auch der Umstand, dass, nachdem ein gewisses Maass der Verkürzung überschritten ist, sich die Erscheinungen der beiden Abweichungen in um so höherem Grade geltend machen, je stärker die Annäherung zwischen Objectiv und Ocular ausfällt. In optischer Beziehung könnte geradezu der Grundsatz aufgestellt werden, dass der Röhre eine solche Länge gegeben werden solle, wie sie bei möglichster Ausdehnung des objectiven Bildes für ein deutliches und scharfes, von beiden Abweichungen hinreichend freies Bild am zuträglichsten erscheine. Auf der anderen Seite steht aber einer beliebigen und bedeutenden Länge des Rohres wieder ein gewichtiger Umstand entgegen, indem es für den täglich mit dem Mikroskope umgehenden Beobachter ganz und gar nicht gleichgültig ist, ob derselbe in der nach und nach sehr stark ermüdenden stehenden Körperstellung, oder ob er, was schon wegen des während der Beobachtung sich stets nothwendig machenden Anfertigens von Präparaten fast unbedingt vorzuziehen ist, sitzend arbeiten kann. Da es nun zum Zwecke bequemerer Handhabung der sonstigen bei mikroskopichen Untersuchungen in Betracht kommenden Utensilien erwünscht ist, an einem Tische von gewöhnlicher Höhe zu arbeiten, so darf das Mikroskop aus obigem Grunde

nicht zu weit über die Fläche des letzteren emporragen. Eine Höhe von etwa 300 bis 360^{mm}, wie sie z. B. die Instrumente von Kellner, Bénèche, Hartnack, Zeiss bei ausgezogenem Rohre besitzen, ist in dieser Beziehung ganz entsprechend, während bei Mikroskopen von so colossaler Höhe, wie die grossen Schiek'schen und Plössl'schen, welche etwa 450^{mm} über den Tisch emporstehen, ein Arbeiten im Sitzen gar nicht möglich ist. Es sollte daher billigerweise von den verschiedenen Optikern in dieser Beziehung die nöthige Rücksicht auf die Mikroskopiker genommen und dem optischen Apparate eine solche Einrichtung gegeben werden, dass die Röhrenlänge das Maass von 160 bis 200^{mm} nicht zu überschreiten brauche.

Zur Abhaltung solcher Lichtstrahlen, welche von dem Objectivsysteme aus in schiefer Richtung auf die innere Röhrenwand gelangen, von da aus in das Ocular reflectirt werden und dadurch das mikroskopische Bild benachtheiligen könnten, ist es unumgänglich nothwendig, dass sowohl an dem unteren Theile als auch in der Mitte des Rohres passende Blendungen angebracht werden. Hierbei ist vor Allem darauf zu sehen, dass dieselben enge genug sind, um die falschen Lichtstrahlen abzuschneiden, dagegen nicht das unmittelbar ins Ocular gelangende Lichtbündel beschränken. Eine Schwärzung des Innern der Röhre ist bei gehörigen Blendungen gerade nicht unbedingt nothwendig, erscheint indessen doch, namentlich für den unteren Theil bis zur mittleren Blendung, zweckmässig.

Ein Umstand, der von vielen Seiten kaum beachtet wird und auf welchen zuerst von Harting in genügender Weise aufmerksam gemacht wurde, erscheint bei der Construction der Mikroskopröhre nicht ohne Gewicht und dürfte wohl zu allgemeinerer Nachahmung zu empfehlen sein. Es ist dies die Zusammensetzung der Röhre aus zwei ineinander verschiebbaren — nicht abschraubbaren — Stücken, so dass der Abstand zwischen Objectivsystem und Ocular in gewissen durch die Wirkung der Abweichungen gebotenen Grenzen beliebig geändert werden kann. Man ist durch diese Vorrichtung im Stande, manche nicht unerhebliche Vortheile zu erreichen, auf welche man bei einer massiven Röhre verzichten muss. Als die praktisch wichtigsten sind folgende hervorzuheben. Man hat es auf diese Weise erstens in der Hand, die Vergrösserungen auf bestimmte runde Zahlen zu bringen, was namentlich bei mikrometrischen Messungen von Bedeutung ist. Es ist nämlich immer ein Uebelstand, wenn man die wahre Grösse des Objectes in einem Bruche mit zusammengesetztem Nenner ausdrücken muss, während Brüche mit den Nennern 50, 100, 200, 300 u. s. f. weit leichter zu behandeln sind. So z. B. ist es weit vorzuziehen, wenn man den Durchmesser eines Gegenstandes statt durch 47 oder 53, durch 50, statt durch 187 oder 209, durch 200 dividiren kann. Um nun die einmal gefundene Stellung des verschiebbaren Röhrentheils, bei welcher die Vergrösserung des Mikroskopes für ein bestimmtes Objectiv und Ocular einer der obigen Zahlen entspricht, ein-

für allemal festzuhalten, ist es zweckmässig, wie von Harting empfohlen, auf jenen eine Theilung einzuschneiden und dann eine Tabelle anzufertigen, in welcher, nach vorheriger genauer Bestimmung, die einander entsprechenden Zahlen dieser Theilung und der Vergrösserungen eingeschrieben werden. Zweitens bietet die Verschiebbarkeit der Röhre ein gutes Mittel, um den Einfluss verschieden dicker Deckgläschen auf das Hervortreten der Abweichungserscheinungen mindestens bis zu gewissem Grade zu beseitigen. Endlich ist dieselbe für solche Fälle vortheilhaft, in denen man Objectivsysteme eines Optikers mit den Ocularen eines anderen verbinden will, indem man in der Aenderung der Röhrenlänge, also in der Entfernung zwischen dem Objectivsysteme und Oculare ein Mittel zu etwa nothwendigen Correctionen besitzt und eine solche Combination auf den möglichst hohen Grad ihrer Wirkungsfähigkeit bringen kann.

Auch in Bezug auf die Compendiosität und Transportabilität des Mikroskopes bietet diese Einrichtung grosse Annehmlichkeiten dar, indem der Kasten meistens gut auf drei Viertel seiner sonst erforderlichen Länge verkürzt werden kann.

Einstellungsvorrichtungen. — Gehen wir zu den Mitteln für die Annäherung oder Entfernung des Objectivsystemes zu oder von dem Objecte über, so bleibt hierfür, da oben als Grundsatz festgestellt wurde, dass der Objecttisch feststehend sein solle, nur die Bewegung des Mikroskopkörpers, d. h. des Rohres übrig. Es fragt sich daher nur, in welchem Grade dieselbe ermöglicht sein muss und in welcher Weise sie ausgeführt werden soll. In ersterer Beziehung möchte wohl als allgemein gültig der Grundsatz aufzustellen sein, dass ein Mikroskop, welches zu der Mehrzahl der wissenschaftlichen Untersuchungen brauchbar sein soll, ausser einer schnell und in weiterem Umfange ausführbaren, senkrechten Bewegung auch eine solche im feinsten Grade gestatten, also eine doppelte, sogenannte grobe und feine Einstellung haben muss.

Die einfachste Art der groben Einstellung besteht in der von Oberhäuser, Bénèche, Zeiss, Nachet, Hasert u. A. angewendeten Verschiebbarkeit der Mikroskopröhre in einer federnden Hülse mittelst freier Hand. Ist genau gearbeitet, so dass sich die Röhre in der hinreichend langen Hülse sanft, mit dem nöthigen Halt und doch ohne zu grosse Reibung verschieben lässt, so genügt dieselbe für die schwächeren Systeme vollständig und kann selbst bei mittleren Systemen und bei gehöriger Uebung noch zur feinen Einstellung benutzt werden. Da sie ausserdem von den gleich zu besprechenden Fehlern, welche der Einstellung durch Zahn und Trieb anhaften, frei ist, so möchte sie dieser fast vorzuziehen sein. Ich wenigstens wüsste, ausser etwa der leichteren Handhabung (mittelst nur einer Hand) der letzteren keinen besonderen Vorzug zuzuerkennen, obgleich ich beide Einstellungsweisen seit lange nebeneinander benutzt habe. Von den von H. v. Mohl angeführten Nachtheilen, dass sich nämlich bei langem Gebrauche die Röhre durch anhängenden Schmutz

zu schwer, oder nach dessen Entfernung in Folge der Abnutzung des Messings zu leicht verschieben lasse, ist mir bei meinen Instrumenten von Oberhäuser und Bénèche keiner in fühlbarem Grade bemerklich geworden.

Die Einstellung durch Zahn und Trieb verlangt, wenn sie vollkommen sein soll, sehr grosse Sorgfalt in ihrer mechanischen Ausführung. Namentlich muss die gezahnte Stange sehr gleichmässig geschnitten sein, ebenso der Trieb, damit er nicht nur sanft und leicht wirke, sondern auch bei gleicher Drehung des Knopfes immer gleiche Hebung hervorbringe. Die Hauptfehler, mit deren einem oder dem anderen ich selbst bei sonst ganz ausgezeichnet gearbeiteten Instrumenten die Einstellung durch Zahnstange und Trieb behaftet gefunden habe, sind drei, das Federn, der todte Gang und die Verrückung des Objectes aus dem Gesichtsfelde.

Durch das Federn wird die Einstellung insofern unvollkommen, als das Object, welches genau eingestellt schien, so lange die Hand auf dem geränderten Knopfe ruhte, plötzlich aus dem Focus verschwindet, sobald man die Hand entfernt, und wiederholte Einstellung nöthig macht. Die Ursache dieses Fehlers kann theilweise in der Ausführung der Arbeit liegen und lässt sich derselbe dann allerdings nicht leicht entfernen. Häufig liegt sie aber auch gar nicht in der groben, sondern in der an dem gleichen Stativtheile und gewöhnlich unterhalb der groben Einstellung angebrachten feinen Einstellung, indem die Spannfeder entweder im Ganzen etwas schwach ist oder einzelne Stellen derselben ungleiche Spannkraft haben. Dadurch wird dieselbe in Folge des bei der groben Einstellung angewendeten Druckes leicht etwas zusammengedrückt und dehnt sich wieder aus, sobald der erstere nachlässt. Hier lässt sich der Fehler allerdings etwas verbessern, indem man bei der groben Einstellung vorsichtig jeden unnöthigen Druck vermeidet und die Hand nur ganz leicht an dem Schraubenknopf spielen lässt. Am besten wäre es freilich, die beiden Einstellungen möglichst auseinanderzuhalten, damit der Druck auf die Feder der Mikrometerschraube verhütet würde. Zu dem Ende könnte man, statt beide unmittelbar übereinander anzubringen, etwa die grobe Einstellung am Rohre, die feine in der Säule wirken lassen. Der todte Gang giebt sich dadurch zu erkennen, dass man den geränderten Schraubenknopf etwas nach der einen oder der anderen Richtung bewegen kann, ohne dass sich die Röhre hebt oder senkt, dann aber bei der Annäherung an das Object plötzlich und mit einem Rucke weiter nach unten rückt, als beabsichtigt und nothwendig ist. Dieser Fehler liegt, wenn er bei einem neuen Instrumente vorkommt, immer an ungenauer Arbeit. Oft zeigt er sich aber erst nach langem Gebrauche und rührt dann entweder von Ausführung der Stange und des Triebes, oder von einer Lockerung der Schrauben her, welche den letzteren gegen die erstere andrücken. In diesem Falle kann er leicht verbessert werden, wenn man diese Schrauben fester anzieht. Die Ver-

rückung des Objects aus dem Gesichtsfelde rührt immer von nachlässiger Arbeit her, indem Trieb und Stange weder gleichmässig geschnitten, noch Hülse und Stange genau ineinandergepasst sind. Dadurch wird während der Einstellung ein Schlottern hervorgerufen, wodurch die Röhre aus der optischen Achse rückt.

Die feine Einstellung wird durch eine Mikrometerschraube bewirkt und sollte womöglich immer den Körper, nicht den Objecttisch bewegen. Obwohl für schwache und selbst für mittlere Vergrösserungen nicht unbedingt nothwendig, ist sie doch für die stärkeren Vergrösserungen und namentlich auch zur genauesten Durchforschung feinerer Structurverhältnisse, welche häufig die allerfeinsten Abänderungen in der Einstellung nothwendig machen, unentbehrlich. Auch bei ihr sind so ziemlich dieselben Fehler zu vermeiden wie bei der groben Einstellung; namentlich aber ist der letzte mit aller Sorgfalt fern zu halten. Derselbe macht sich wohl hier und da noch bemerklich, wenn nicht die einander entsprechenden Theile, Säule und Hohlcylinder, vollkommen gleichmässig gearbeitet und auf das Genaueste ineinandergeschliffen sind. Am bewährtesten hat sich mir stets die Construction gezeigt, wo sich, wie bei den Oberhäuser'schen und ihnen nachgebildeten Stativen, eine genau eingeschliffene Rundsäule oder noch besser eine dreikantige Säule in einem entsprechenden Hohlcylinder bewegt, und scheint dieselbe auch nach und nach mit ein oder der anderen unwesentlichen Abänderung allgemein Eingang zu finden. Ganz verwerflich scheint mir die von manchen englischen und amerikanischen Optikern gewählte Einrichtung, wobei die feine Einstellung durch die Bewegung einer besonderen Röhre bewirkt wird, in der das Objectivsystem befestigt ist. Durch diese Art der Einstellung ändert sich nämlich immer die Entfernung zwischen Objectivsystem und Ocular, und somit die Vergrösserung; ebenso tritt eine Störung in der Verbesserung der Abweichungen ein, welche bei den starken Objectivsystemen sich fühlbar macht und fortwährende Correctionen veranlasst. Die Aenderung der Vergrösserung, welche im Allgemeinen wohl kaum ins Gewicht fallen würde, macht sich namentlich bei feineren mikroskopischen Messungen störend geltend.

Neigung des Mikroskopkörpers. — Zum Schlusse kann ich nicht umhin, mit einigen Worten die Frage zu berühren, ob die horizontale oder senkrechte Stellung der Mikroskopröhre vorzuziehen sei. Die horizontale Stellung wird namentlich von den englischen Mikroskopikern angerathen und finden sich daher alle englischen Mikroskope mit der Einrichtung zum Horizontalstellen versehen. In Deutschland fanden die Engländer nur vereinzelt Nachahmung und wird in der Regel von unseren Optikern die Horizontalstellung nur auf besonderes Verlangen ausgeführt. Sollte diese Stellung auch in der That einen oder den anderen der von den Engländern hervorgehobenen Vortheile gewähren, was ich z. B. in Bezug auf den Gesundheitszustand der Augen sehr bezweifle, so bietet sie doch gerade für dauernde mikroskopische Beob-

achtungen eine Menge von Nachtheilen, und ist somit vom Standpunkte des praktischen Mikroskopikers die Frage leicht zu entscheiden. Die meisten anatomischen Untersuchungen verlangen eine Beobachtung des betreffenden Gegenstandes unter Wasser oder unter dem Einflusse irgend anderer Flüssigkeiten und Reagentien. Diese aber lässt sich entschieden nur bei horizontaler Stellung des Objecttisches ausführen. Hierdurch ist also die senkrechte Stellung als Regel gefordert, wenn man nicht etwa ein Prisma in einer rechtwinklig gebrochenen Röhre einschieben will, wodurch jedoch ein nicht unbedeutender Verlust an Licht sowie eine Verkleinerung des Gesichtsfeldes herbeigeführt wird. Für die horizontale Stellung bleiben somit nur solche Einzelfälle, wo trockene Objecte oder hermetisch verschlossene Präparate beobachtet werden sollen. Selbst hierfür aber erfordert der Objecttisch besondere Vorrichtungen zum Festhalten des Gegenstandes, welche denselben mit Klammern und dergleichen überladen würden, was weiter oben schon als verwerflich hervorgehoben wurde. Abgesehen von allem anderen aber ist es auch, wie schon Hugo v. Mohl mit Nachdruck hervorgehoben hat, zunächst weit bequemer und wegen der Lage von Kopf und Rücken weit weniger ermüdend, in ein senkrecht stehendes, als in ein horizontal stehendes Mikroskop zu sehen. Dann kann bei ersterer Stellung weit leichter und ohne künstliche Vorrichtungen fremdes Licht vom Auge abgehalten werden, als bei letzterer. Das Licht immer von der linken Seite oder gar etwas von hinten auf den Spiegel fallen zu lassen, wie es englische Mikrographen anrathen, ist auch wenig thunlich, indem alsdann, wie jeder Beobachter weiss, bei den während der Untersuchung stets vorzunehmenden Manipulationen auf dem Objecttische das Licht durch die Bewegung der Arme und Hände häufig theilweise abgeschnitten und das Gesichtsfeld verdunkelt werden würde.

Was endlich die besonders oft hervorgehobene Nothwendigkeit der horizontalen Stellung zum Zwecke des Nachzeichnens mikroskopischer Objecte betrifft, so ist dieselbe keineswegs in dem Grade vorhanden, als es auf den ersten Anblick scheinen möchte. Erstlich wäre hierfür kaum eine andere Einrichtung möglich als eine gebogene Röhre mit Prisma, da die meisten unserer Objecte in dem Zustande gezeichnet werden müssen, wo sie der Beobachtung unterliegen, der Tisch also in seiner horizontalen Stellung zu belassen ist. Dann aber hat man es ja in seiner Gewalt, jene Zeichenapparate, welche eine horizontale Stellung verlangen, durch solche zu vertauschen, welche bei senkrechter Stellung des Mikroskopes zu zeichnen erlauben. In dieser Beziehung genügt z. B. schon recht gut das später zu beschreibende Gerling'sche Zeichenprisma, noch besser aber die Camera lucida von Oberhäuser und namentlich der von Nobert erfundene, von Nachet verbesserte Zeichenapparat, den man sich nöthigenfalls selbst ohne weitere Kosten und mit Hilfe von ein paar Stückchen Holz, einem der dünnsten Deckgläschen und einem kleinen Spiegelchen ausführen kann.

DRITTER ABSCHNITT.

DAS OPTISCHE VERMÖGEN DES MIKROSKOPES UND DESSEN PRÜFUNG.

I. Hauptfactoren des optischen Vermögens.

Die drei Hauptfactoren des optischen Vermögens eines Mikroskopes werden gebildet von der Brennweite, der Verbesserung beider Abweichungen und vom Oeffnungswinkel der Objectivsysteme. Hierzu kommen noch als mitbestimmend die genaue Centrirung, die Vollkommenheit der Politur der Linsen und die fehlerfreie Beschaffenheit des Glases, aus welchem dieselben verfertigt wurden.

Von der Brennweite der Objectivsysteme hängt bekanntlich die in ziemlich weite Grenzen eingeschlossene Vergrösserung eines Mikroskopes ab und es steigt dieselbe fast in gleichem Maasse, als jene verkürzt wird. Ueber die Bestimmung der Brennweite zusammengesetzter Linsensysteme ist bereits das Nöthige in Abschnitt I, Seite 16 u. f. vorgebracht worden und kann daher hier um so eher darüber hinaus gegangen werden, als wir in dem Nachfolgenden über die Art und Weise, wie über die Mittel zur Bestimmung der aus mehreren Factoren zusammengesetzten Vergrösserung weitläufiger zu handeln haben werden.

Die Verbesserung der chromatischen und sphärischen Abweichung ist für die Güte und Leistungsfähigkeit eines Mikroskopes von hoher Wichtigkeit. Namentlich macht sich die sphärische Abweichung in bedeutendem Maasse als Fehlerquelle geltend, indem dadurch die Schärfe der Umrisse und die Bestimmtheit in der Zeichnung eines miskroskopischen Objectes aufgehoben wird. Durch möglichst vollkommene mit der Wirkung des Oculares in Uebereinstimmung gebrachte Verbesserung dieser Abweichung über den ganzen wirksamen Theil der Objectivsysteme wird vorzugsweise das sogenannte Begrenzungsvermögen (Definition) er-

zielt und erhöht, was für den Gebrauch des Mikroskopes von hoher Wichtigkeit ist. In Folge der hohen Entwicklung dieses Vermögens erscheinen nämlich nicht nur die mikroskopischen Objecte im Allgemeinen von bestimmten, klaren, scharfen und tiefen, d. h. möglichst dunkeln Linien begrenzt, sondern es steigt mit ihr auch die Möglichkeit, äusserst kleine Gegenstände ihrer Form nach bestimmt zu erkennen und die feineren und feinsten Structurunterschiede eines zarten Objectes auf das deutlichste und klarste wahrzunehmen. Einen weniger erheblichen Einfluss als die vorhergehende, äussert die chromatische Abweichung auf das Begrenzungsvermögen. Zwar werden in dieser Beziehung vernachlässigte Systeme niemals ein so scharf umschriebenes und klares Bild gewähren. als solche, welche auf beide Abweichungen möglichst vollkommen verbessert sind. Ist indessen die sphärische Abweichung in dem höchst möglichen Grade aufgehoben, so kann immer noch etwas Farbenzerstreuung vorhanden sein, ohne dass in gleichem Verhältnisse und in sehr merklichem Grade an Begrenzungsvermögen verloren geht. Ich habe Gelegenheit gehabt, solche Systeme zu untersuchen und mich vollkommen von dieser Thatsache überzeugt. Viele derselben gaben zwar ein von Farbe nicht ganz freies, aber doch ganz scharf begrenztes und sonst klares Bild. Andere Systeme, bei denen noch ein hoher Grad von Farbenzerstreuung geblieben war, so dass die Ränder des Objectes von starken Farbensäumen umgeben erschienen, zeigten sich allerdings fast unbrauchbar für feinere anatomische Untersuchungen, indem nicht genügende Bestimmtheit und Klarheit des Bildes vorhanden war. Es sollten daher unsere Optiker die Verbesserung der Farbenzerstreuung nicht in dem Grade vernachlässigen, wie es von mancher Seite zu Gunsten eines sehr grossen Oeffnungswinkels geschieht. Allerdings scheinen dieselben durch die Anforderungen von Seiten solcher Mikroskopiker — und deren Zahl scheint gerade nicht klein! — auf diesen Weg gedrängt zu sein, welche ein allzugrosses Gewicht auf die meiner Ansicht nach weit überschätzte, durch schiefen Lichteinfall erzielte Sichtbarmachung der Zeichnungen auf den Kieselschalen der Diatomaceen legen, ohne die Brauchbarkeit eines Objectivsystemes für allgemein wissenschaftliche Zwecke gehörig ins Auge zu fassen. Um nach beiden Seiten gerecht zu werden, bleibt, da es bei schwächeren Systemen, zu geringerem Preis den Optikern kaum zuzumuthen ist, neben der Vergrösserung der Winkelöffnung auch die möglichst vollkommene Verbesserung der chromatischen Abweichung zu erstreben, nur übrig, den Weg zu betreten, welchen bereits Bénèche in Berlin, Belthle in Wetzlar, sowie Smith und Bek in London eingeschlagen haben, und zwei Sätze von solchen schwächeren und mittleren Objectiven anzufertigen, von denen die einen bei schwächerer Winkelöffnung vollkommene Correction, die anderen aber eine bedeutende Winkelöffnung besitzen.

Prüfung der sphärischen Abweichung. — Zur Prüfung der Verbesserung der sphärischen Abweichung sind mehrere Mittel vorgeschlagen

worden, welche ihrem Zwecke alle auf mehr oder minder vollkommene Weise entsprechen, welche aber auch, zumal da ihre Anwendung immer umständlich ist, für den geübten praktischen Mikroskopiker ganz gut entbehrt werden können, da alle später beschriebenen Probeobjecte in der Schärfe und Klarheit ihrer Zeichnung einen hinreichend sicheren Maassstab dafür gewähren, inwieweit dieselbe vorhanden ist oder fehlt. Die sichersten Resultate erhält man für diese specielle Seite des optischen Vermögens und für schwächere Objectivsysteme mittelst des von Lister (phil. transactions 1830) und Dr. Goring (micr. cabinet pag. 197, micr. illustrations pag. 270) und nach ihnen von anderen Mikrographen empfohlenen Verfahrens. wobei das von einem kleinen Quecksilbertropfen gespiegelte Bild eines Fensters als helles Object auf dunklem Hintergrunde benutzt wird. Solche Quecksilberkügelchen von verschiedener Grösse und selbst von solcher Kleinheit, dass man sie kaum noch mittelst des blossen Auges wahrnehmen kann, erhält man leicht, wenn gereinigtes Quecksilber in einem Gefässe mit Wasser geschüttelt wird.

Ein paar solcher Kügelchen bringt man dann auf einer matten, schwarzen Unterlage, wozu entweder ein Täfelchen aus Ebenholz oder aus Glas mit matt geschliffener Oberfläche dienen kann, unter das mehrere Fusse vom Fenster entfernt aufgestellte Mikroskop, indem man für die Prüfung der stärkeren Vergrösserungen die allerkleinsten, für die der schwächern etwas grössere Kügelchen auswählt. Hat man ein Objectivsystem zu prüfen, welches zur Benutzung ohne Deckglas bestimmt ist, so kann man unmittelbar zur Untersuchung schreiten, bei solchen Systemen hingegen, welche ein Deckglas erfordern, muss man, bevor zu deren Prüfung geschritten wird, ein solches von passender Dicke vor der vordersten Linse befestigen, was höchst einfach mittelst ein wenig Wachses bewerkstelligt werden kann. Betrachtet man nun eines der Fensterbildchen, so müssen sich, wenn von den durch die chromatische Abweichung hervorgerufenen Erscheinungen vorerst ganz abgesehen wird, für den Fall, dass die sphärische Abweichung des betreffenden Objectivsystemes möglichst vollkommen corrigirt sein soll, folgende Erscheinungen zu erkennen geben. Ist das Bildchen genau im Focus, so muss dasselbe vollkommen scharf begrenzt und frei von jedem umgebenden Lichtsaum oder Lichtnebel erscheinen. Nähert man hierauf das Objectiv dem Objecte, so dass sich dies innerhalb der Brennweite befindet, so verschwindet das Bildchen während der Annäherung schnell und breitet sich in eine helle Lichtscheibe aus, die zwar nicht scharf begrenzt ist, aber dennoch von keinem Lichtnebel umgeben sein darf. Bei der Entfernung des Objectives, wodurch das Bildchen ausserhalb des Focus gebracht wird, zeigt sich ganz dasselbe, nur dass die Lichtscheibe etwas weniger erhellt ist. Erscheint dagegen das Bildchen des Fensters, wenn es sich genau im Focus befindet, von einem mehr oder minder starken Lichtnebel umgeben, so ist dies ein bestimmtes Zeichen von mangelhafter Verbesserung der sphärischen Abweichung und es lässt sich dann durch Aenderung der Einstellung be-

stimmen, ob Ueber- oder Unterverbesserung vorhanden ist. Im ersteren Falle breitet sich, wenn man das Objectiv dem Quecksilbertropfen nähert, das Fensterbildchen allmälig in die oben erwähnte Lichtscheibe aus, in deren Mitte aber seine Umrisse noch einige Zeit sichtbar bleiben; es verschwindet dagegen fast sofort, indem sich der umgebende Lichtnebel erst zusammenzieht und dann in die Lichtscheibe übergeht, wenn man das Objectiv von dem Quecksilbertropfen entfernt. Ganz entgegengesetzte Erscheinungen finden für eine vorhandene Unterverbesserung statt. Moser (Repert. d. Physik. V, 399) empfiehlt statt der Kügelchen einen dünnen in ein feines Haarröhrchen eingeschmolzenen Quecksilberfaden zur Prüfung der Aberrationserscheinungen. Ein solcher bietet in der That einige Vortheile. Zunächst lässt sich derselbe besser bei den stärkeren Objectivsystemen verwenden, als die Kügelchen. Dann kann man ihn leicht, gleich einem anderen Probeobjecte, auf einem Objectträger befestigen, so dass er im Falle des Bedürfnisses stets zur Hand ist. Man muss dabei nur Sorge tragen, dass erstens die Wand des Röhrchens möglichst dünn ausfällt und die Dicke der dünneren Deckgläschen gar nicht oder doch nicht viel überschreitet, und dass man bei der Anwendung die Wanddicke gehörig in Rechnung zieht und, wo eine stärkere Deckglasdicke nöthig ist, durch Auflegen ergänzender Deckgläschen nachhilft.

Für die stärksten Objectivsysteme mit sehr kurzer Brennweite verlieren indessen beide genannten Objecte ihre Anwendbarkeit, indem die durch das Fenster tretenden Lichtstrahlen in Folge des vorstehenden Randes der ersteren von der Oberfläche des Quecksilbers soweit abgeschnitten werden, dass kein Bild des Fensters mehr zur Abspiegelung gelangen kann. Für diesen Fall hat Hasting (Quarterly. Journ. of micr. science I, 292) die Anwendung kleiner Luftblasen vorgeschlagen, welche sich in dickflüssigen Substanzen, wie Eiweiss, Gummischleim u. dgl., leicht erzeugen lassen, wenn man dieselben mit Luft in einem Gefässe schüttelt, und scharfe Bildchen von allen jenen Gegenständen liefern, welche von dem ebenen Spiegel reflectirt werden. Diese Methode giebt indessen für die stärkeren Objectivsysteme niemals so genaue Resultate, als die vorige für schwächere Systeme. Es sind nämlich hier die Erscheinungen der sphärischen Abweichung viel schwieriger zu erkennen, weil man die Bildchen nicht auf einem dunkeln, sondern auf einem mehr oder minder erleuchteten Hintergrunde sieht. Weit zweckmässiger fand ich bei meinen einschlägigen Untersuchungen für die starken und stärksten Systeme das von Harting (Das Mikroskop Seite 258) empfohlene Verfahren, obgleich dabei die Entstehung der feinen Figuren nicht immer einschlägt. Es besteht darin, dass man eine Glastafel so lange in die Flamme einer Kerze oder Lampe hält, bis sich auf derselben eine nicht zu dicke Kohlenschicht abgesetzt hat. Die so vorbereitete Glastafel bringt man dann noch warm unter das Mikroskop und man wird finden, wie sich die anfangs gleichmässige Kohlenschicht allmälig in eine grosse Anzahl kleiner unregelmässiger Vielecke zertheilt, welche von höchst feinen, beinahe geraden Linien

begrenzt erscheinen. Letztere bieten dann in der schwarzen Fläche hinreichend kleine leuchtende Flächen, an denen man den Grad und die Art der Verbesserung der sphärischen Abweichung mit genügender Schärfe in folgender Weise ermitteln kann. Bei möglichst vollkommen gehobener Abweichung erscheinen die Ränder der feinen Zwischenräume vollständig scharf gegen die schwarze Fläche abgeschnitten, ohne dass sich von ihren Rändern aus ein Lichtnebel in den dunkeln Theil des Gesichtsfeldes ausbreitet. Nähert oder entfernt man die Mikroskopröhre, so breitet sich zwar das Bild aus und seine Ränder verlieren an Schärfe, ohne dass es aber von einem Lichtnebel umsäumt wird. Bei einem überverbesserten Objectivsysteme breitet sich, wenn man dieses dem Objecte durch Senken des Tubus näher bringt, sowohl nach Innen wie nach Aussen von den leuchtenden Umrissen der Zeichnung ein starker Lichtnebel aus, durch welchen man noch einige Zeit die ursprüngliche Figur hindurchschimmern sieht; dagegen sieht man das Gesichtsfeld völlig verdunkelt und die scharf begrenzte Zeichnung nur heller umrandet, wenn die leuchtende Fläche ausserhalb des Focus gebracht wird. Unterverbesserte Objectivsysteme lassen bei tieferer und höherer Einstellung natürlich die entgegengesetzten Erscheinungen wahrnehmen. Ganz gleiche Dienste leisten die kleinen Sprünge, welche beim Trocknen in einer dick auf einer Glastafel aufgetragenen Schicht chinesischen Tusches entstehen, ebenso die sehr kleinen Poren in den Parenchymzellen mancher Pflanzen, wenn man die letzteren mittelst Jod und Schwefelsäure tief blau färbt.

In gleicher Weise wie diese auf natürlichem Wege hervorgebrachten feinen Zeichnungen wurden von Goring die Betrachtung künstlicher weisser Figuren auf schwarzem Grunde für auffallendes Licht, von H. v. Mohl ähnliche kleine, durchsichtige künstliche Figuren, welche mittelst einer feinen Nadel in die auf einer Glastafel aufgetragene dicke Lage von Tusch einradirt werden können, für durchfallendes Licht angewendet. Beide Mittel stehen indessen an Empfindlichkeit den natürlich entstandenen Figuren insofern nach, als sie nie so scharfe Umrisse besitzen und sich ihrer Grösse halber weniger gut zur Prüfung stärkerer, als schwächerer Objectivsysteme verwenden lassen.

Die eben beschriebenen Versuche werden sämmtlich in der Weise angestellt, dass man dem Objectivsystem einen Lichtkegel zuleitet, welcher dessen Oeffnung ganz oder doch zum grossen Theile ausfüllt, wobei die senkrechte Verstellbarkeit des Spiegels, sowie die früher erwähnte achromatische Beleuchtungslinse gute Dienste leisten. Man kann sonach mittelst derselben nur eine Entscheidung darüber fällen, ob die betreffende Linsencombination überhaupt Mängel in der Verbesserung der sphärischen Abweichung besitze und ob etwa Ueber- oder Unterverbesserung vorhanden sei, ohne aber die Grundlagen zu einem Urtheile darüber zu besitzen, welche Theile des Objectivsystemes mit einer mangelhaften Verbesserung behaftet sind. Um zu entscheiden, ob etwaige Mängel nur dem mittleren Theile oder nur den Randzonen des Objectives

angehören, muss man entweder die Randstrahlen oder die Centralstrahlen des die Beleuchtung des Gesichtsfeldes bewirkenden Lichtkegels abschneiden. Ersteres kann man durch Anwendung enger Blendungen und, wo diese vorhanden sind, durch entsprechendes Herabziehen der Cylinderblenden bewirken. Den Ausschluss der Centralstrahlen gestatten dagegen die dunklen, Seite 55 besprochenen Scheibenblendungen.

Hätte man etwa gefunden, dass die leuchtende Figur der geschwärzten Prüfungstafel mit einem Lichtnebel umgeben, also das betreffende System nicht hinreichend verbessert wäre, und es verschwindet dieser Nebel nach der Beschränkung des einfallenden Lichtkegels auf die mittleren Strahlen, so darf man die sphärische Abweichung als nur in den Randpartieen des Objectives vorhanden annehmen. Würde der Lichtnebel dagegen auch jetzt noch bleiben und erst dann verschwinden, wenn man die mittleren Strahlen des Lichtkegels abgeschnitten hätte, so würde dieses Verhalten anzeigen, dass der Correctionsfehler seinen Sitz in dem mittleren Theile des Objectivsystemes habe.

Sind nun durch eine oder die andere Verfahrungsweise Fehler an einem Mikroskope gefunden, so kann man dieselben in der Regel durch Anbringung passender Correctionen, z. B. in der geeigneten Beschränkung des das Gesichtsfeld erhellenden Lichtkegels, in der Aenderung der Röhrenlänge u. dgl. wenigstens theilweise verbessern. Ein sehr gutes Mittel für solche Verbesserungen bietet namentlich auch die Anwendung passend dicker Deckgläser. Aus dem oben, Abschnitt II, Seite 32 geschilderten Einflusse der Deckgläschen geht nämlich hervor, dass Unterverbesserung der sphärischen Abweichung durch die Anwendung eines die normale Dicke überschreitenden, Ueberverbesserung durch die Anwendung eines hinter jener zurückbleibenden Deckglases in das erforderliche Gleichgewicht gebracht werden kann.

Prüfung der chromatischen Abweichung. — Zur Prüfung der chromatischen Abweichung lassen sich die Bildchen auf Luftblasen oder Quecksilberkügelchen gleichfalls verwenden und kann man zu diesem Behufe immer etwas grössere Kügelchen auswählen, wie zur Prüfung der sphärischen Abweichung. Hier muss man aber vor Allem im Auge behalten, dass die chromatische Abweichung niemals ganz aufgehoben werden kann und dass selbst bei möglichst vollkommen corrigirten Systemen immer noch die Farben des secundären Spectrums übrig bleiben. Dann ist zu beachten, dass die Systeme aus den oben schon angegebenen Gründen und weil sich eben bei so kleinen Linsen, wie zu dem Mikroskop-Objective verwendet werden, die Farbenzerstreuung nicht einmal mit Sicherheit bis zu dem eben genannten Grade beseitigen lässt, in der Regel etwas über- oder in seltenen Fällen etwas unterverbessert sind. Betrachtet man daher das Fensterbildchen auf dem Quecksilbertropfen durch ein gutes achromatisches Mikroskop, so wird dasselbe immer einige, wenn auch höchst geringe Spuren von Farbe zeigen, die indessen nur für diese hellen Bildchen auf vollkommen dunklem oder doch stark verdunkeltem Hinter-

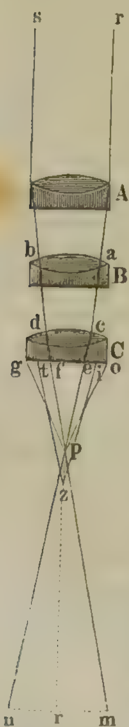
grunde bemerkbar sind. Organische Körper sind für diesen Fall der Verbesserung an ihren Rändern ganz frei von Farbe. Bringt man nach diesem ersten Versuche das Objectiv dem Objecte näher, so dass dieses innerhalb der normalen Focalweite zu liegen kommt, so wird die oben erwähnte Lichtscheibe für den Fall, als das System überverbessert ist, von einem violetten in blau übergehenden, wenn man dagegen das Objectiv über den normalen Focalabstand hinaus vom Objecte entfernt, von einem rothen ins gelbroth übergehenden Saume umgeben erscheinen. Bei solchen Objectivsystemen, welche unterverbessert sind, werden sich dagegen beim Nähern oder Entfernen des Objectivsystemes gegen das Bildchen die entgegengesetzten Farbenerscheinungen zeigen. Will man noch weiter gehen und etwa noch Fehler in der Farbenabweichung entdecken, welche bei gerader Beleuchtung gar nicht oder kaum hervortreten, so darf man sich nur zur schiefen Beleuchtung wenden. Betrachtet man eine auf einem dunklem Grunde gezogene helle Linie, welche senkrecht zu den schief einfallenden Strahlen steht, mittelst eines chromatisch überverbesserten Systemes, so wird der linke Rand einen violetten oder blauen, der rechte einen rothen oder gelbrothen Saum erhalten, wenn das schiefe Licht von der rechten Seite einfällt und umgekehrt. Bei einem unterverbesserten Systeme aber werden sich diese Erscheinungen unter den vorausgesetzten Bedingungen gerade entgegengesetzt verhalten. Inwieweit bei einem Mikroskop die Correction der Farbenabweichung von dem Höhepunkte entfernt geblieben ist, kann nur durch das Mehr oder Minder in der Ausdehnung des Farbensaumes entschieden werden. Zur Prüfung des Grades der Freiheit von chromatischer Abweichung gebe ich daher den organischen Probeobjecten vor dem genannten bei weitem den Vorzug, indem die empfindlicheren derselben den sichersten Maassstab zur Schätzung abgeben, inwieweit die übrig gebliebene Farbenzerstreuung die praktische Brauchbarkeit eines Instrumentes beeinflusst oder nicht. Ich halte in dieser Beziehung namentlich höchst zarte Quer- oder Längsschnitte von Nadel- und Laubholzarten, sowie die mit Wasser benetzten Stärkemehlkörner der Kartoffel für ganz ausgezeichnete und höchst empfindliche Probeobjecte, wüsste aber kaum, ob den letztern ein Vorzug vor den erstern gebührt, wie dies neuestens von Pohl (Sitzungsbericht der k. k. Akad. Bd. XI, 63, 1860) behauptet wurde.

Ich habe auf Tafel I., Fig. 1 bis 8, das Verhalten beider Probeobjecte gegen verschiedene, mir zur Verfügung stehende Objectivsysteme dargestellt und wird sich in denselben ein hinreichender Maassstab zur Beurtheilung des auch für die feinsten histiologischen Untersuchungen zu beanspruchenden Achromatismus eines Mikroskopes finden.

Bei Benutzung eines möglichst vollkommen achromatischen Linsensystemes mit farblosem Gesichtsfeld erscheint die Zellwand der zarten Quer- und Längsschnitte von *Pinus sylvestris* (Fig. 1) (Wurzelholz), ebenso das Stärkekorn (Fig. 5) vollkommen farblos; der Porenkanal auf dem Längsschnitt von Pinus ist vollkommen klar und fein umgrenzt, ohne alle Farben-

säume. Die Figuren 2 u. 6 sind durch ein etwas weniger vollkommnes System beobachtet; die gelbliche Färbung der Zellstoff- und Stärkeschichten ist kaum merklich, aber doch vorhanden *), die Grenzlinie des Netzwerkes und des Kornes ist etwas stärker gezogen, aber immer noch ohne merkbaren Farbensaum. In den Fig. 3 u. 7 hat die gelbliche Färbung der Zellwand und Stärke etwas zugenommen, ohne dass noch störende Farbensäume auftreten; Fig. 4 u. 8 dagegen zeigen neben einer stärker gelblichen Färbung auch letztere in merklichem Grade. Hier ist schon die Grenze überschritten, an der unsere Optiker Halt machen sollten. Noch stärker in dieser Beziehung versäumte Systeme sind absolut unbrauchbar für alle echt wissenschaftlichen Untersuchungen, wenn sie auch die Streifensysteme auf den Kieselschalen der Diatomaceen schon bei sehr geringer Vergrösserung zeigen. Haben letztere überhaupt einen wissenschaftlichen — und dann nur systematischen — Werth, so ist derselbe doch jedenfalls zu gering, um ihretwillen die Mehrzahl der weit wichtigern Beobachtungsfälle ausser Acht zu setzen. Für die meisten organischen Beobachtungen ist es durchaus nicht hinreichend, dass man etwas sehe, sondern es ist auch von grosser Wichtigkeit, wie man es sehe. Anderer Meinung kann nur derjenige sein, der sich entweder gar nicht oder nur höchst einseitig mit mikroskopisch-anatomischen Untersuchungen beschäftigt hat.

Fig. 42.



Oeffnungswinkel der Objectivsysteme. — Der Oeffnungswinkel eines Objectivsystemes wird gebildet durch diejenigen Strahlen, welche von dem Brennpunkte aus so auf die vordere Linsenfläche treffen, dass dieselben durch das ganze Linsensystem hindurchgehen können. Als Maass desselben denjenigen Winkel anzunehmen, welcher durch die äussersten der noch auf die vorderste Linsenfläche treffenden Strahlen gebildet wird, ist unbedingt fehlerhaft und ergiebt einen viel zu hohen Werth. Seien z. B. in Fig. 42 *A*, *B* und *C* die drei Linsen eines Objectivsystemes, *p* der Brennpunkt, *po* und *pg* die beiden äussersten noch auf die vordere Fläche der Linse *C* treffenden Strahlen, so werden dieselben nach ihrem Durchgange durch die vorderste Linse und nach den in derselben, sowie bei ihrem Austritte in die Luft erlittenen Brechungen entweder gar nicht mehr auf die anderen Linsen treffen, oder, wegen der an den Randstrahlen der Linsen schwer zu hebenden Abweichungen, doch nicht mehr zur Erzeugung des objectiven Bildes in erforderlichem Grade nutzbar sein, falls der Durchmesser dieser Linsen denjenigen der vorderen nicht in bestimmten Verhältnissen übertrifft. Es wird daher immer nur derjenige Theil des auf die vordere Linse fallenden Lichtkegels als wirksam betrachtet werden

*) Diese Erscheinung gehört indessen nicht hierher und wird später erörtert werden.

können, dessen Strahlen nach ihrem Durchgange durch das ganze System sich in dem zwischen den beiden Punkten *s* und *r* eingeschlossenen Strahlenbündel befinden, so dass also der Oeffnungswinkel des in der Figur im Durchschnitt dargestellten Systemes durch die beiden Strahlen *pe* und *pf* bestimmt wird. Dieser Winkel *epf* lässt sich dann ganz auf dieselbe Weise ermitteln, wie dies bei der Bestimmung des Oeffnungswinkels einer Linse Seite 7 und 8 angegeben worden ist. Durch die Verbindung des Objectivsystemes mit dem Oculare ändert sich jedoch der Werth des Oeffnungswinkels wieder in gewissem, wenn auch nur geringem Maasse, indem die auf dem Objectivsysteme austretenden Strahlen so divergiren müssen, dass sie noch auf den nutzbaren Theil der Collectivlinse des Oculares treffen. Es wird daher zur genauen Kenntniss derselben nothwendig, eine directe Messung des Oeffnungswinkels der gesammten Linsenverbindung von Objectiv und Ocular vorzunehmen, wozu weiter unten die nöthige Anleitung gegeben werden wird.

Von dem Oeffnungswinkel der Objectivsysteme hängt einestheils die Lichtstärke, dann aber hauptsächlich das für die Beobachtung durchsichtiger Körper wichtige, sogenannte Auflösungsvermögen oder Unterscheidungsvermögen (penetrirende Kraft) des Mikroskopes ab. Unter diesem Vermögen versteht man die Eigenschaft, die feineren und feinsten Structurverhältnisse mikroskopischer Objecte, mögen dieselben nun in einer materiellen Verschiedenheit, in inneren Abweichungen der Structur, oder in Oberflächenverschiedenheiten liegen, mit voller Klarheit und Bestimmtheit zur Anschauung zu bringen. Um den Einfluss des Oeffnungswinkels auf das Unterscheidungsvermögen des Mikroskopes zu erklären, brauchen wir nur darauf zurückzugehen, dass die Sichtbarkeit solcher Structurunterschiede durchsichtiger Körper bei durchgehendem Lichte theils von den innerhalb des in Bezug auf die Bilderzeugung als selbstleuchtend zu betrachtenden Gegenstandes bewirkten Brechungen, theils von den in seinem Innern und an seinen Grenzflächen stattfindenden Reflexionen der Lichtstrahlen abhängig ist. Indem dieselben nämlich auf eine oder die andere Weise zum Theil von ihrer Bahn abgelenkt werden, so dass sie nicht mehr in das Auge, also auch nicht auf die Netzhaut gelangen, entstehen, neben den durch die ungebrochen durchgegangenen oder weniger abgelenkten Strahlen hervorgebrachten positiven, auf den nicht in erforderlichem Grade gereizten Stellen der Netzhaut negative Gesichtseindrücke, Schattenbildchen, wodurch jene wirklichen Unterschiede von dem Auge aufgefasst werden können. Betrachtet man nun einen solchen durchsichtigen Gegenstand mit feineren Structurabweichungen mittelst eines Objectivsystemes von kleinem Oeffnungswinkel, so werden auch von den die positiven Gesichtseindrücke hervorbringenden Strahlen nur die von dem mittleren Theile des Beleuchtungskegels ausgehenden, weniger von ihrer Bahn abgelenkten in dasselbe eintreten, während die den Randtheilen des Beleuchtungskegels angehörenden, vermöge ihrer stärkeren Neigung weiter abgelenkten an ihm vorübergehen, ohne an der Entste-

hung des Bildes theilzunehmen. Es werden demnach die stärker erhellten Theile des Objectes gegenüber den dunkleren nur von einer verhältnissmässig geringen Anzahl von Lichtstrahlen gebildet und es sind die Unterschiede in der Erleuchtung der verschieden organisirten Theile nicht mehr hinreichend, den Reiz auf die Netzhaut auszuüben, welcher erforderlich ist, um neben den positiven Gesichtseindrücken auch die negativen mit voller Bestimmtheit aufzufassen. Der ganze Gegenstand wird schwächer und mehr gleichmässig erleuchtet erscheinen und die feineren Structurunterschiede bleiben unerkannt. Vertauscht man aber jenes Objectivsystem mit einem solchen von grösserem Oeffnungswinkel, dann werden auch noch die schiefer einfallenden, weiter von ihrer Bahn abgelenkten Strahlen, welche von den erhellten Theilen des als selbstleuchtend betrachteten Objectes ausgehen, vom Objective aufgenommen, so dass die Bildpunkte dieser Theile jetzt von einer verhältnissmässig grösseren Anzahl von Lichtstrahlen gebildet werden. Sie erscheinen in Folge dessen denjenigen Theilen gegenüber, durch welche die Strahlen am stärksten abgelenkt oder ganz zurückgeworfen werden und sämmtlich oder zum grossen Theil nicht mehr in das Mikroskop gelangen können, weit intensiver erleuchtet. Die Differenz in den Lichteindrücken, welche das Auge empfängt, wird jetzt hinreichend gross, um die Netzhaut in einem solchen Grade zu reizen, dass positive und negative Gesichtseindrücke mit Bestimmtheit auseinandergehalten werden können. Die wirklichen Structurunterschiede werden sonach von dem beobachtenden Auge sicherer aufgefasst und müssen (die sonstige Vollkommenheit eines Objectivsystemes vorausgesetzt) um so klarer und bestimmter erscheinen, je genauer der Oeffnungswinkel an Grösse zu den Lichtverhältnissen der Structurunterschiede in Beziehung steht.

Es hält somit das Auflösungsvermögen eines Mikroskopes allerdings mit der Lichtstärke in gewissem Sinne gleichen Schritt. Der Beweis, dass diese Annahme eine falsche sei, wie er z. B. von Harting (Mikroskop Seite 251) versucht wurde, gründet sich ganz und gar auf unrichtige Voraussetzungen. Er beruht nämlich wesentlich in der falschen Auffassung der Begriffe von Lichtstärke der erhellten Theile des Objectes und Stärke der Beleuchtung des Gesichtsfeldes, während beide ganz verschiedene Dinge sind. Jene beruht auf der Grösse der Grundfläche des von dem Objectivsysteme aufnehmbaren, von dem Objecte als gleichsam selbstleuchtendem Körper ausstrahlenden Lichtkegels, diese aber hat ihren Grund in der Menge der in ein- und demselben von dem Beleuchtungsapparate ausgehenden, durch die Weite der Blendung begrenzten Lichtkegel vereinigten Strahlen, deren Kreuzungspunkt in der Einstellebene liegt. Von der ersteren hängt allein, unter sonst gleichen Umständen, die mehr oder minder starke relative Erleuchtung der kleinsten Theilchen des mikroskopischen Bildes ab. Die Wirkung der centralen Diaphragmen, welche ebenfalls mit in die Beweisgründe gezogen wird, hat wesentlich einen ganz anderen Grund, als die dadurch bewirkte Verminderung der

Beleuchtungsstärke, obwohl ich auch deren Einfluss für bestimmte Fälle, wo die Netzhaut zu stark gereizt wird, anerkenne. Dieselbe beruht nämlich in erster Linie auf der Aenderung in der Richtung des beleuchtenden Strahlenbündels. Es werden durch diese Diaphragmen bekanntlich die weniger convergent einfallenden Achsenstrahlen, auf deren Ablenkung nur schwache Unterschiede in der Oberflächengestaltung nicht den erforderlichen Einfluss äussern können, abgeschnitten und nur die mehr convergent auftreffenden Randstrahlen zugelassen, welche vermöge ihrer Einfallsrichtung eine hinreichend verschiedene Ablenkung erleiden, um in den relativen Erleuchtungsverhältnissen der verschiedenen Theile des Gegenstandes diejenigen Unterschiede hervorzurufen, wodurch die Sichtbarmachung der feineren Structurunterschiede bedingt wird.

Dass das Auflösungsvermögen eine selbständig neben dem Begrenzungsvermögen bestehende Kraft des Mikroskopes sei, wie manche Schriftsteller annehmen, möchte ich geradezu verneinen. Ohne vollkommene Definition, d. h. ohne hinreichende Verbesserung der sphärischen Abweichung auch in den äusseren Theilen des Objectivsystemes, welchen die Aufnahme der stärker abgelenkten, von dem Objecte ausgehenden Lichtstrahlen zufällt, kann dasselbe nur in mangelhaftem Grade entwickelt sein. Zwar mag für diesen Fall ein Objectivsystem manche Structurverhältnisse, namentlich aber die Zeichnungen der später zu beschreibenden Probeobjecte in Folge des grossen Oeffnungswinkels und der damit nothwendig verbundenen kurzen Focaldistanz, noch zur Anschauung bringen, aber es fehlt dabei dem ganzen Bilde immer die erforderliche Schärfe und Reinheit der Zeichnung. Dasselbe erscheint in seinen feineren Einzelnheiten von einem mehr oder minder starken Nebel eingehüllt, durch welchen die Zeichnung durchschimmert, während für bestimmte Fälle, wo der mittlere Theil des Objectives gut corrigirt ist, der ganze Umriss des Gegenstandes scharf umgrenzt wird. Ich kann dieses Vermögen nur für eine Function vollkommener Begrenzung, d. h. der hinreichenden Verbesserung der sphärischen und chromatischen Abweichung, in Verbindung mit einem grossen Oeffnungswinkel halten. So wenigstens lehren mich meine Erfahrungen, die sich auf eine gute Anzahl untersuchter Objectivsysteme dieser Art stützen. Das Begrenzungsvermögen kann allerdings in vollem Maasse ohne grosses Auflösungsvermögen vorhanden sein, nie aber vollkommen unterscheidende Kraft ohne jenes; denn weil die Begrenzung immer nur von den weniger abgelenkten mittleren Strahlen des Beleuchtungskegels abhängig ist, so genügt es für sie vollkommen, wenn nur der mittlere Theil des Objectivsystemes genau corrigirt ist. Was die von manchen Autoren beliebte Umsetzung des Auflösungsvermögens in Begrenzungsvermögen und umgekehrt betrifft, so mögen die Thatsachen allerdings richtig sein, der Name dafür aber ist entschieden falsch. Es giebt keine solche Umsetzung, obwohl es Correctur einer oder der anderen mangelhaften Eigenschaft oder Erzwingung der einen auf Kosten

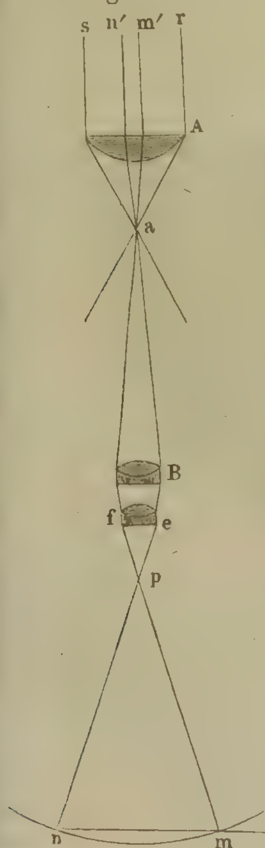
der anderen geben kann. Was zunächst die Umwandlung der Penetration in Definition durch Anwendung engerer Blendungen und in Folge dessen hervorgerufener Verkleinerung des Oeffnungswinkels betrifft, so läuft dieselbe einfach darauf hinaus, dass der mit sphärischer Abweichung behaftete Randtheil der Linsen eines mit unvollkommener Penetration (im obigen Sinne) begabten Objectivsystemes von der Wirkung ausgeschlossen wird. Auf ähnliche Weise wirkt die Verlängerung des Rohres, indem dadurch der Oeffnungswinkel verkleinert wird. Ebenso kann man durch Verkürzung des Rohres eine Vergrösserung des letzteren, und damit in gewissem Grade ein etwas höheres aber immer unvollkommenes Auflösungsvermögen erzwingen. Ein vollkommenes Objectiv bedarf der Anwendung keines dieser Mittel und wo man sie eben nöthig findet, darf man sich darauf verlassen, dass man ein mangelhaftes System vor sich hat, indem entweder bei grossem Oeffnungswinkel die Correctur über die ganze Oberfläche des Systems verfehlt oder nur in der Mitte gelungen ist. Es kann aber auch bei dem neuzeitigen Streben, die Auflösung der feineren Probeobjecte bei schiefer Beleuchtung zu erzwingen, der umgekehrte Fehler eintreten, dass die Correctur der Mitte des Objectivsystems vernachlässigt und nur auf die Randpartien übertragen ist. Hier helfen engere Blendungen nicht; man muss dann eben, um ein scharfes Bild zu erhalten, die Centralstrahlen des Beleuchtungskegels abschneiden. Unter den mir bekannten Systemen habe ich indessen diesen Fehler nur bei den für schiefes Licht bestimmten Systemen 9 von Benèche, ebenso bei einigen starken Systemen von Hasert gefunden.

Wie weit der Oeffnungswinkel eines Objectivsystemes vergrössert werden soll, ist eine Frage, deren Beantwortung sich nicht unbedingt geben lässt, indem dieselbe von mancherlei Umständen abhängt. Für einzelne Zwecke mag es genügen, wenn unter Voraussetzung möglichst vollkommener Verbesserung der sphärischen Abweichung in den Randpartien ein Objectivsystem einen grossen Oeffnungswinkel hat und das sogenannte Unterscheidungs- oder Auflösungsvermögen in sehr hohem Grade entwickelt ist. Im Allgemeinen aber muss nach meiner Ansicht der Grundsatz festgehalten werden, dass die Vergrösserung des Oeffnungswinkels nur in solchem Grade statthaft ist, als daneben die möglichst vollkommene Verbesserung der sphärischen und chromatischen Abweichung über die ganze Fläche des Systemes noch bestehen kann. Ein Objectivsystem, in welchem vollkommene Schärfe und Klarheit des Bildes mit hohem Auflösungsvermögen verbunden ist, muss unter jeder Bedingung als das vorzüglichste anerkannt werden, und es besteht in der Vereinigung beider Eigenschaften das höchste Ziel des Strebens, nach dem unsere Optiker bei ihren stärksten Systemen zu ringen haben werden. Dieses Ziel ist aber bekanntlich sehr schwer und um so schwerer zu erreichen, je schwächer das System ist, dessen Oeffnungswinkel bedeutend vergrössert werden soll. Wo dessen Erreichung nicht möglich ist, da sollte, für den Fall allgemeiner Brauchbarkeit eines Objectivsystemes zu wissen-

schaftlichen Untersuchungen und namentlich bei den schwächeren Nummern, die allzuweit gehende Vergrösserung des Oeffnungswinkels unbedingt fallen gelassen und neben einem mässigen Auflösungsvermögen eine scharfe Begrenzung und möglichst vollkommener Achromatismus vorzugsweise ins Auge gefasst werden.

Messung des Oeffnungswinkels. — Zur Bestimmung der Grösse des Oeffnungswinkels sind verschiedene, zum Theil ganz scharfsinnige Methoden in Vorschlag gebracht worden, von denen jedoch hier nur die von Lister (Phil. transactions 1830, p. 191) empfohlene als die allgemein am leichstesten ausführbare und dabei hinreichend genaue Resultate gewährende näher besprochen werden soll. Dieselbe gründet sich auf den Weg, welchen parallel auf das Ocular treffende Strahlen bei ihrem Durchgange durch das Mikroskop nehmen. Trifft z. B. ein solches Bündel *rs* paralleler Strahlen auf das Ocular *A*, so gelangt der zwischen *m'* und *n'* (Fig. 43) eingeschlossene Theil derselben nach seiner Kreuzung in dem Brennpunkte *a* des Oculares in das Objectivsystem und bildet nach seinem Austritt aus demselben und nach einer neuen Kreuzung in dessen Brennpunkt *p* jenseits des letzteren ein erhelltes Feld *mn*. Die von dem Brennpunkte *p* aus nach der Grenze dieses Feldes gezogenen Linien *pm* und *pn* geben dann in dem Winkel *mpn* das Maass des Oeffnungswinkels, welches, ähnlich wie bei den einfachen Linsen, direkt gemessen werden könnte. Da diese direkte Messung jedoch wegen der Kürze der Brennweite der zusammengesetzten Objectivsysteme immer ihre Schwierigkeiten hat und mehr oder minder ungenau ausfallen würde, so muss ein anderer Weg eingeschlagen werden, um jenes Maass mit Leichtigkeit und der erforderlichen Genauigkeit zu bestimmen. Auf diesen führt aber unmittelbar die Betrachtung, dass, wenn Lichtstrahlen einen, dem oben angegebenen entgegengesetzten Weg nehmen, sie in dem Mikroskope ganz dieselbe Richtung einschlagen, wie sie in der Figur in *mpam'* und *npan'* gezeichnet ist, und dass nur solche noch aus dem Oculare austreten werden, welche innerhalb des erleuchteten durch die Strahlen *mp* und *np* begrenzten Lichtkegels eingeschlossen sind. Befindet sich daher in dem Punkte *m* ein leuchtender Gegenstand[1], etwa eine Lichtflamme, so wird die auf der entgegengesetzten Seite der optischen Achse gelegene Hälfte des Oculars durch die von ihr ausgehenden Strahlen erhellt erscheinen. Rückt dieselbe dann von *m* aus in dem Bogen *mn* weiter nach *n*,

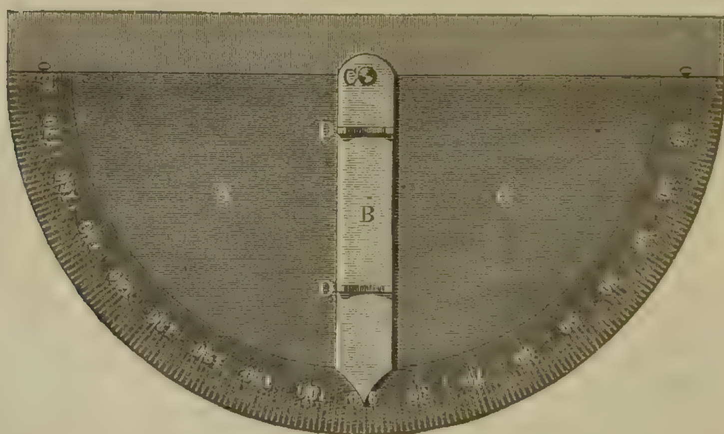
Fig. 43.



so wird sich nach und nach die Erhellung über das ganze Ocular ausbreiten, bis endlich, wenn sie in n angelangt ist, nur noch die andere Hälfte beleuchtet wird. In dem durchlaufenen Kreisbogen mn, dessen Mittelpunkt in dem Brennpunkte p liegt, haben wir somit jetzt das Maass des Oeffnungswinkels. In der Praxis verfährt man so, dass man nicht die Lichtflamme, sondern den optischen Apparat um dessen Brennpunkt als Drehungsmittelpunkt bewegt und den von dem anderen Endpunkte der optischen Achse durchlaufenen Bogen, der aus leicht einzusehenden geometrischen Gründen dem vorigen gleich ist, in Rechnung zieht.

Zur Ausführuug dieser Messungen genügt eine einfache Vorrichtung, welche sich Jeder leicht und ohne grossen Kostenaufwand herstellen oder herstellen lassen kann. Auf einem halbkreisförmigen, aus hartem, völlig trockenem Holze verfertigten Brett A, dessen Rand in 180 Grade getheilt ist, bewegt sich um einen genau in dem Mittelpunkte des Gradbogens befindlichen Stift (Schraube) C (Fig. 44) eine zweite zeigerartige Platte B, welche genau in ihrer Mittellinie in eine Spitze ausläuft. Auf

Fig. 44.



der letzteren befinden sich zwei oben halbkreisförmig ausgeschnittene Träger DD, welche zur Aufnahme des Mikroskoprohres bestimmt sind. In dem Mittelpunkte des Schraubenkopfes wird mit etwas Wachs eine feine Nadel senkrecht so befestigt, dass ihre Spitze ziemlich genau in derselben Höhe liegt, wie die Achse des Rohres. Legt man nun das letztere auf die beiden Stützen, verschiebt es so lange, bis es auf der feinen Nadelspitze einsteht und stellt dann einige Fuss von ihm entfernt in der Verlängerung seiner optischen Achse eine Kerzenflamme auf, so wird man das Gesichtsfeld des Oculars ganz erleuchtet finden. Dreht man dann so weit nach der einen Seite des Halbkreises, bis das Gesichtsfeld gerade zur Hälfte beleuchtet ist, und nach der entgegengesetzten

Seite, bis die andere Häfte gleiche Beleuchtung zeigt, so stellt der von der Spitze des Zeigers *B* durchlaufene Bogen das Maass des Oeffnungswinkels vor, und man erhält die demselben entsprechende Zahl, wenn von der höheren Gradzahl die niedrere, bis zu welcher man drehen musste, abgezogen wird. Habe man z. B. von der mit 90⁰ bezeichneten Mittellinie aus zuerst eine Drehung bis auf 50⁰ und dann rückwärts bis zu 130⁰ ausführen müssen, um jedesmal die eine und andere Hälfte des Gesichtsfeldes erleuchtet zu sehen, so würde der Differenzwinkel $130^0 - 50^0 = 80^0$ der Oeffnungswinkel sein.

Centrirung des optischen Apparates. — Die genaue Centrirung des ganzen optischen Apparates, d. h. das Zusammenfallen der optischen Achsen sämmtlicher Linsen der Ocular- und Objectivsysteme in eine einzige gerade Linie, ist für die Nettigkeit und Reinheit sowie die klare und bestimmte Begrenzung des mikroskopischen Bildes von der höchsten Wichtigkeit. Sind auch die Aberrationen und namentlich die sphärische möglichst vollkommen verbessert, es herrschen aber in der Centrirung der einzelnen Linsen oder der Linsenverbindungen erhebliche Fehler, so leidet immer das Begrenzungsvermögen, namentlich gegen den Rand des Gesichtsfeldes hin, in hohem Grade und das Bild erscheint verbogen und verzerrt. Für das zusammengesetzte Mikroskop ist daher erforderlich, dass zunächst die einzelnen Convex- und Concavlinsen für sich, sowie in ihrer Verbindung zu Doppellinsen, dann aber die Objectivsysteme und Oculare als Ganze und in ihrer gegenseitigen Verbindung genau centrirt sind. Dieses Ziel ist aber bei der Kleinheit namentlich der zu den Objectivsystemen verwendeten einzelnen Linsen schon sehr schwierig zu erreichen und es steigert sich die Schwierigkeit noch in bedeutendem Grade, sobald dieselben zu Doppellinsen und diese wieder zu Linsensystemen verbunden werden sollen, da es eben kein ausreichendes mechanisches Mittel giebt, um den beabsichtigten Erfolg vollkommen zu erzielen. Aus diesem Grunde wird man deshalb eine völlig genaue Centrirung selbst bei solchen Objectivsystemen vermissen, welche aus den besten Werkstätten hervorgegangen sind. Bei der Prüfung eines Mikroskopes gilt es daher, das Mehr oder Minder in dem Maasse des vorhandenen Fehlers, weniger dessen vollständige Abwesenheit festzustellen. Zu diesem Ende bringt man einen kleinen Gegenstand in die Mitte des Gesichtsfeldes und dreht dann, wo es die mechanische Einrichtung des Mikroskopes gestattet, das Mikroskoprohr und mit ihm Ocular und Objectivsystem um seine Achse. Steht das Rohr fest, so muss man das Objectivsystem etwas losschrauben, um die erforderliche Umdrehung zu bewirken, wobei man dann allerdings Gefahr läuft, bei der losen Verbindung des Objectivsystemes mit dem Mikroskoprohre in gewissem Grade auf den schon vorhandenen Fehler zu influiren, indem das erstere etwas aus der Achse gerückt werden kann. Man wird in beiden Fällen finden, dass das Object niemals ganz in der Mitte des Gesichts-

feldes verbleibt, sondern dass es eine bald mehr, bald minder grosse Ortsveränderung erleidet, und wenn man während der Umdrehung stetig beobachtet — wozu einige Uebung gehört — einen kleineren oder grösseren excentrischen Kreis beschreibt. Nimmt man diese Prüfung in der Art vor, dass man von den schwächeren zu den stärkeren Objectivsystemen übergeht, so wird sich als Resultat ergeben, dass die Abweichung des Objectes von der centralen Stellung in dem Maasse zunimmt, als man zu stärkeren Vergrösserungen schreitet. Ebenso nimmt dieselbe bei einem und demselben Objectivsysteme zu, indem man mit den Ocularen steigt.

In optischer Beziehung macht sich eine falsche Centrirung nur dann fühlbar geltend, wenn sie in so hohem Grade vorhanden ist, dass dadurch das Begrenzungsvermögen beeinträchtigt und das Bild verdorben wird. In diesem Falle kann sie denn auch, falls man sich von der gehörigen Verbesserung der sphärischen Abweichung überzeugt hat, unmittelbar aus der Betrachtung irgend eines der später beschriebenen Probeobjecte erkannt werden und sind solche Objectivsysteme unbedingt unbrauchbar. Allein auch in anderer Weise wirkt falsche Centrirung, selbst wenn sie das optische Vermögen an sich nicht beeinträchtigt, störend, indem man beim Wechseln mit den Objectivsystemen das Object fortwährend in die richtige Lage zu rücken hat, was namentlich bei schwierigen Objecten unumgänglich nothwendig ist. Man darf indessen bei den hier erwähnten Erscheinungen nicht immer an eine falsche Centrirung der Systeme an und für sich denken. Es kann die Bildverschiebung auch häufig in der Ausführung der Schraubengewinde liegen und sie tritt namentlich oft da hervor, wo man mittelst sogenannter Zwischenstücke fremde Objectivsysteme mit dem Stative einer bestimmten Werkstätte verbindet.

Eine Verbesserung der falschen Centrirung möchte wohl so ziemlich ausserhalb des Bereiches des praktischen Mikroskopikers liegen. Denn abgesehen von dem kaum zu erwartenden Gelingen einer genaueren Centrirung, wozu es ihm in der Regel auch an den mechanischen Mitteln fehlt, ist es immer eine sehr schwierige Sache, die zu einem Objectivsysteme gehörigen Linsen auseinanderzunehmen und wieder in der gehörigen Weise miteinander zu verbinden. Man wird in einem solchen Falle selbst immer mehr verderben als gut machen, und daher am besten thun, wenn man sich an den Optiker wendet, von dem man den betreffenden Apparat erhalten hat. Wo die Mikroskopröhre beweglich, d. h. zur groben Einstellung in einer Hülse verschiebbar ist, bietet sich hierin, wie H. v. Mohl hervorhebt, ein wenn auch nur unvollkommenes und für einzelne Fälle anwendbares Mittel zu etwaigen Verbesserungen, indem man jene so weit dreht, bis die Stelle des Objectives, welches die geringste Abweichung zeigt, senkrecht auf die zu beobachtenden Structuren, z. B. feine Linien und dergleichen, zu stehen kommt. Bei den mir bekannten neueren Objectivsystemen sind indessen die Abweichungen

so gering, dass, obwohl bei der Umdrehung des Objectes gegen das Rohr — mittelst einer Drehscheibe — kleine Abänderungen in der Einstellung erforderlich werden, ein Unterschied in der Schärfe des Bildes kaum stattfindet, je nachdem die eine oder die andere Stelle eines solchen senkrecht zu der betreffenden Zeichnung steht.

Politur der Linsen. — Bezüglich der Politur der Linsen hat man sein Augenmerk vorzugsweise darauf zu richten, ob die Oberfläche derselben mit dicht nebeneinander liegenden Streifen und matten Flecken bedeckt ist, wodurch das ganze Gesichtsfeld ein nebelartiges Ansehen erhält. Vereinzelte und kleine Flecken oder Streifen, welche wohl kaum bei dem Poliren ganz vermieden werden können, schaden weniger, indem dem mikroskopischen Bilde kein merklicher Eintrag dadurch geschieht. Das Glas, woraus die Linsen geschliffen werden, muss möglichst rein und frei von Streifen, sogenannten Adern, und grösseren Luftblasen sein. Kleinere Luftbläschen, die sich immer nur durch höchst genaue Untersuchung entdecken lassen, trifft man selbst in sonst ganz ausgezeichneten Gläsern hier und da an. Dieselben äussern indessen, wenn sie in sehr beschränkter Anzahl auftreten, kaum einen nachtheiligen Einfluss auf ein Objectivsystem.

Von gröberen Fehlern dieser Art müssen natürlich bei einem vollkommenen Instrumente sowohl die Objectiv- als auch die Ocularlinsen gänzlich frei sein, und dürfte aus den neueren Werkstätten auch kaum ein Linsensystem abgegeben werden, was zu einer Rüge in dieser Beziehung Veranlassung geben könnte, indem die Optiker nur reine Glasstücke zur Anfertigung dieser kleinen Linsen auswählen werden. Es sind seit einigen Jahren gar manche Objectivsysteme und Oculare durch meine Hände gegangen und habe ich mit Ausnahme einiger Ocularlinsen bei einem — allerdings neueren — der geprüften Instrumente in dieser Beziehung nichts zu rügen gefunden.

Einige andere Fehler, welche sich erst während des Gebrauches entwickeln, können, wie schon H. v. Mohl und später Harting hervorgehoben haben, recht störend auf die Reinheit und Deutlichkeit der Bilder einwirken. Ich selber habe bisher keinen derselben, weder an meinen eigenen noch an fremden Linsensystemen neuerer und in richtiger Weise und sorgfältig behandelter Instrumente wahrnehmen können. An älteren Instrumenten lernte ich allerdings ein und den anderen schon vor Jahren kennen. Ebenso sah ich manches gute Instrument, dessen Linsen durch nachlässige, wahrhaft unverzeihliche Behandlung wissenschaftlicher Gleichgültigkeit oder unerfahrenen Dilettantismus so verdorben waren, dass man sie kaum als mit anderen aus ein- und derselben Werkstätte hervorgegangen hätte erkennen können, wenn nicht der Name des Optikers am Instrumente gestanden hätte.

Der erste dieser Fehler beruht auf dem Verwittern der äusseren Linsenflächen, wodurch dieselben in hohem Grade getrübt und nach und nach ganz unbrauchbar werden. Diese Erscheinung liegt wesentlich an

der Beschaffenheit des zu den Linsen verwendeten Glases. Manche Glassorten besitzen nämlich die Eigenschaft in hohem Maasse, die Wasserdünste der umgebenden Luft auf ihrer Oberfläche zu verdichten. Dadurch haften aber kleine Staub- und Schmutztheilchen, welche mit ihr in Berührung kommen, sehr fest an und können mit der Zeit so innig adhäriren, dass man sie nicht zu entfernen im Stande ist, ohne die äusserste Fläche des Glases theilweise mit zu verletzen. Das erste und vorzüglichste Mittel, um diesen Fehler möglichst abzuschneiden, ist grösste Sorgfalt in Bezug auf Reinhaltung der Gläser und Aufbewahrung des Mikroskopes an möglichst trockenem, vor Staub geschütztem, gleichmässig durchwärmtem Orte. Ein Mittel, um die genannte Eigenschaft des Glases unschädlich zu machen, wurde von Muncke empfohlen. Es besteht darin, dass man die Oberflächen der Linsen mit einer äusserst dünnen Oelschicht überzieht. Am besten bewerkstelligt man dies dadurch, dass man die Linsenflächen mit etwas Terpentinöl befeuchtet und dieselben dann mittelst eines zarten leinenen Läppchens soweit abwischt, bis keine Spur des Oeles mehr bemerkbar ist. Es bleibt dann immer noch eine dünne Oelschicht zurück, welche sich nicht ganz verflüchtigt, sondern unter dem Einflusse der Luft schnell verharzt und so das Glas vor dem Niederschlage der Wasserdünste schützt. Zu dem etwas heroischen Mittel, welches Frauenhofer vorgeschlagen hat, die Linsen ein paar Stunden in Schwefelsäure zu legen, möchte ich dem Mikroskopiker kaum rathen.

Eine zweite Fehlerquelle hat ihren Sitz in der zur Vereinigung der Concav- und Convexlinse verwendeten dünnen Schicht von Canadabalsam. In dieser bilden sich nämlich bei manchen Linsen im Laufe der Zeit kleine Krystallansammlungen, wodurch das betreffende Linsensystem fürs erste getrübt und unbrauchbar wird. Ich habe auch diesen Fehler an meinen eigenen Objectivsystemen, die zum Theil schon zwölf, zehn und sechs Jahre alt und aus verschiedenen Werkstätten hervorgegangen sind, noch nicht entdeckt, ihn aber, und zwar schon vor längerer Zeit, an den Objectivsystemen eines älteren, einer Schulanstalt gehörigen Chevalier'schen Mikroskopes, sowie an einem älteren Schieck beobachtet und bin daher nicht im Stande, aus eigener Erfahrung etwas Genaueres darüber anzugeben. Ueber die Ursache der Krystallbildung ist man nicht ganz einig. H. v. Mohl (Mikrographie, S. 178) erklärt dieselbe als eine Folge chemischer Einwirkung der in dem Balsam vorhandenen Harzsäuren auf einen der Bestandtheile (Blei) des Flintglases. Dem widerspricht aber Harting (Mikroskop, S. 272), da nach seiner Erfahrung die Linsenflächen stets unangegriffen bleiben und die Krystallanhäufungen durch Auflösung mittelst Alkohols oder Aethers entfernt werden können. Er sucht den Grund in der Veränderung der Zusammensetzung des canadischen Balsams und glaubt, dass es auf die Sorte des letzteren ankomme, ob die Krystallbildung eintrete oder nicht. Je nach Umständen mögen wohl beide oder auch nur eine der von beiden Gelehrten angenommenen Ursachen wirken. Liegt

dieselbe einzig und allein an dem Balsam, dann lässt sich der entstandene Fehler leicht beseitigen, indem man eben die alte Balsamschicht durch Auflösungsmittel entfernt und eine neue zwischen die gereinigten Linsen bringt. Diese Arbeit muss aber natürlich einem Optiker übertragen werden, wenn man nicht Gefahr laufen will, seine Systeme zu verderben. Ist das Glas selbst angegriffen, dann freilich ist die Mühe umsonst. Es scheint übrigens, als ob die praktische Optik die betreffende Ursache auf irgend eine Weise zu beseitigen gelernt hätte, da man den Fehler an neueren Objectivsystemen — so weit wenigstens meine eigenen Erfahrungen reichen, und auch von anderer Seite habe ich nichts darüber vernommen — nicht mehr findet. Die von H. v. Mohl an oben citirter Stelle erwähnte Trübung der Linsen durch eine sich zwischen nicht verkitteten Linsen in Tropfen absetzende ölartige Substanz dürfte jetzt kaum mehr in Betracht kommen, da wohl von sämmtlichen Optikern die beiden Linsen durch Canadabalsam fest mit einander vereinigt werden.

II. Directe Prüfung des optischen Vermögens.

In dem Vorausgehenden haben wir die Hauptfactoren des optischen Vermögens kennen und den Grad ihrer Vollkommenheit prüfen gelernt; in dem vorliegenden Paragraphen dagegen haben wir uns mit der direkten Bestimmung des optischen Vermögens zu befassen. Denn giebt auch eine Prüfung jener Hauptfactoren in ihren Resultaten ziemlich sichere Anhaltspunkte zur Beurtheilung der mehr oder minder hohen Vollkommenheit eines Mikroskopes, so ist dieselbe doch, namentlich für den noch weniger Geübten, nicht hinreichend, um mit voller Sicherheit über die praktische Brauchbarkeit des optischen Apparates zu entscheiden oder verschiedene Instrumente genau numerisch zu vergleichen, und es muss eine unmittelbare Prüfung des optischen Vermögens und der Leistungsfähigkeit in Beziehung auf bestimmte, durch die Erfahrung festgestellte, dem jezeitigen Standpunkte und den Fortschritten der praktischen Optik entsprechende, dieser Bestimmung in vollem Umfange als Maassstab zu Grunde gelegte Objecte, sogenannte Probeobjecte *), vorgenommen werden.

Das optische Vermögen eines Mikroskopes umfasst aber: erstens die Vergrösserungskraft, zweitens das Begrenzungsvermögen, drittens das Auflösungsvermögen, viertens die Lichtstärke, fünftens die Ausdehnung, Färbung, Ebenung und gleichmässige Vergrösserung über die ganze Fläche des Gesichtsfeldes. Wir werden daher in Folgendem jeder einzelnen dieser Seiten eine besondere Betrachtung zu widmen haben.

---

*) Der geübte Mikroskopiker wird, wenn es nicht auf genauere Vergleichung mehrerer Instrumente ankommt, sondern wenn es bloss gilt, die Brauchbarkeit zur Beobachtung überhaupt zu ermitteln, allerdings kaum zu einer so ausgedehnten Prüfung zu schreiten brauchen, um sein Urtheil festzustellen. Ihm wird die Betrachtung eines einzigen Präparates aus der thierischen oder pflanzlichen Histiologie dazu vollkommen ausreichen.

1. Bestimmung der Vergrösserung.

Die Vergrösserung eines Mikroskopes steht zwar für die Leistungsfähigkeit desselben durchaus nicht in erster Linie, indem es nicht darauf ankommt, wie gross das von ihm erzeugte Bild möglicherweise sein, sondern welche Einzelnheiten man in demselben und in welchem Grade der Bestimmtheit, Reinheit und Schärfe man sie wahrnehmen kann. Ein Mikroskop ist nicht um so vorzüglicher, je stärker es vergrössert, sein optisches Vermögen wächst im Gegentheil in dem Verhältnisse, als es (mit anderen verglichen) bei schwächerer Vergrösserung dieselben Einzelnheiten und Unterschiede in der Structur eines mikroskopischen Objectes mit voller Bestimmtheit und Klarheit erkennen lässt (die jene erst bei stärkeren Vergrösserungen wahrnehmen lassen). Für manche Structurverhältnisse und Objecte finden allerdings Grenzen in der Vergrösserung statt, unterhalb deren man sie entweder gar nicht mehr oder doch nicht mit der erforderlichen Bestimmtheit zu unterscheiden vermag. In diesen — allerdings selteneren Fällen — ist dann aber eine mit den übrigen Seiten des optischen Vermögens gepaarte Steigerung der Vergrösserungskraft unbedingtes Erforderniss für den Werth eines Instrumentes, und es ist stets dasjenige am höchsten zu stellen, welches bei stärkerer Vergrösserung erst den Höhepunkt seiner Leistungen erreicht, d. h. nicht nur ein stärker vergrössertes, sondern auch ein solches Bild giebt, welches schwierigere Einzelheiten der Structur zur Anschauung bringt. Im Allgemeinen wird dieser Höhepunkt bei unseren besten neueren Instrumenten bei einer 600- bis 800maligen Objectivvergrösserung (ich verstehe darunter die mit den schwächsten Ocularen erzeugte Vergrösserung) erreicht. Eine Steigerung der Vergrösserung durch stärkere Oculare und dergleichen ist also nicht mehr von wesentlichem Vortheile. Damit soll aber durchaus nicht gesagt sein, dass solche, wenn sie ebenso vollkommen sind, wie die schwächeren, für eine Untersuchung nicht von Nutzen seien. Structurverhältnisse, welche bei schwächerer Vergrösserung ihrer Kleinheit und Feinheit halber nur mit Anstrengung zu erkennen sind, treten dann deutlicher hervor und man kann dieselben mit mehr Bequemlichkeit auf das Genaueste verfolgen. Ausserdem sind höhere Vergrösserungen, wenn sie lichtstark genug sind, zur Ausführung von Zeichnungen, zu Messungen und Zählungen sehr kleiner Körperchen höchst erwünscht. Meine Instrumente lassen in dieser Beziehung noch ganz vorzügliche Vergrösserungen von 1200 bis 1600 zu. Wo man freilich bei den stärkeren (durch sehr starke Oculare erzwungenen) Vergrösserungen in das Gebiet von Nacht und Nebel geräth, da ist Alles am Ende.

Die Kenntniss der Vergrösserung, bei welcher irgend eine mikroskopische Beobachtung ausgeführt wurde, ist zwar an und für sich nicht von unbedingter Nothwendigkeit; doch erscheint sie immerhin für den

höchst erwünscht, welcher erstere einer möglichst eingehenden Controle unterwerfen will. Es sollte dieselbe daher bei jedem Präparate neben der Zeichnung in einer oder der anderen Weise angegeben sein. Bei mikroskopischen Messungen ist diese Kenntniss ausserdem unumgänglich nothwendig. Es liegt daher mit in unserer Aufgabe, hier eine Anleitung zur direkten Messung der Vergrösserungsziffer zu geben, da die Berechnung aus den theilnehmenden Factoren theils zu umständlich, theils, wegen der schwierig zu bestimmenden Brennweiten der Linsensysteme, nicht einmal ganz zuverlässig ist.

Da die Bestimmung der Vergrösserungen der verschiedenen Combinationen der Objectivsysteme und Oculare eines Mikroskopes auf der Vergleichung der wirklichen Grösse eines Objectes und der scheinbaren Grösse des von ihm entworfenen Bildes beruht, so kommen alle angewandten Methoden im Wesentlichen darin überein, dass man das Bild eines seiner Grösse nach genau bekannten Objectes, z. B. der Abtheilung eines Glasmikrometers, mittelst der Camera lucida oder eines ähnlich wirkenden Hilfsmittels auf einer Ebene projicirt und der Messung unterwirft. Der Quotient, welchen man erhält, wenn man das Maass des Bildes durch dasjenige des Objectes dividirt, stellt dann die entsprechende Vergrösserungsziffer dar. Sei z. B. jenes $= 4{,}5^{mm}$, dieses $= 0{,}01^{mm}$, so ist die Vergrösserungsziffer $\frac{4{,}5}{0{,}01} = 450$.

Ehe wir indessen zu den einzelnen Methoden selbst übergehen, müssen wir noch einige Punkte näher ins Auge fassen, welche nicht ohne Wichtigkeit für die Bestimmung der Vergrösserungen sind.

Weil hierbei — abgesehen von der Methode des Doppeltsehens — stets eines der eben erwähnten, später näher zu beschreibenden Hilfsmittel zur Projection des Bildes des der Messung zu Grunde gelegten Maassstabes auf einer Ebene benutzt wird, so ist zunächst zu beachten, dass die Entfernung zwischen dieser Ebene und dem Auge von Einfluss auf die Höhe der Vergrösserungsziffer ist, indem bekanntlich jenes Bild an Grösse in gleichem Maasse gewinnt, wie diese Entfernung zunimmt. Es sollte daher solchen Bestimmungen stets ein- und dieselbe, allgemein als feste Norm angenommene Entfernung zu Grunde gelegt werden. Da hierzu das metrische Maass, welches sich fast bei allen wissenschaftlichen Zahlenangaben Eingang verschafft hat, als das unbedingt geeignetste erscheint, so dürfte es zweckmässig sein, 250^{mm} als Normalabstand zwischen der Projectionsfläche und dem Auge einzuführen. Ist es auch leicht, eine Entfernung auf die andere und demgemäss die entsprechenden Vergrösserungsziffern zu reduciren, so ist diese Arbeit doch immerhin einigermaassen unbequem und zeitraubend. Daher halte ich das Verfahren für verwerflich, wonach der Eine bei 8″ Pariser, der Andere bei 8″ Rheinländisch, ein Dritter endlich bei 10″ Pariser oder Rheinländisch Maass oder für eine gewisse Rohrlänge seine Vergrösserungen bestimmt. Alle von mir in diesem Werke gegebenen

Zahlenangaben der Vergrösserungen sind aus diesem Grunde bei einem Abstande von 250^{mm} zu verstehen, wenn dieses auch nicht ausdrücklich dabei angegeben sein sollte.

Zweitens muss in Betracht gezogen werden, dass die erhaltenen Vergrösserungen, wenn sie auch bei gleichem Abstande zwischen Auge und Projectionsebene ermittelt sind, immer nur einen relativen Werth haben, der strenggenommen nur für das Auge desjenigen gilt, welcher die Bestimmung ausführte. Ist die hieraus resultirende Differenz auch im Allgemeinen nicht von grosser Erheblichkeit, so folgt doch daraus, dass, wo es sich, wie bei mikrometrischen Messungen, um ganz genaue Kenntniss der Vergrösserung handelt, dieselbe von dem Beobachter selbst bestimmt sein sollte.

Die ältere, einfachere Methode, welche auch für die meisten Fälle, namentlich insoweit nur schwächere Vergrösserungen in Betracht kommen, ganz genügende Resultate liefert, ist die von Jaquin (in Baumgärtner's und Ettingshausen's Zeitschrift für Physik und Mathematik, Thl. IV. 1. 1828) empfohlene. Um nach ihr die verschiedenen Vergrösserungen eines Mikroskopes zu bestimmen, projicirt man mittelst eines der dazu geeigneten Hilfsmittel das Bild eines in dem Gesichtsfelde befindlichen Mikrometers auf einem in der deutlichen Sehweite, oder in dem nach Uebereinkunft festgestellten Normalabstande (250^{mm}) befindlichen, nach der gleichen Einheit getheilten Maassstabe. Hat man dafür Sorge getragen, dass die Beleuchtung des Gesichtsfeldes und diejenige des Maassstabes gehörig geregelt und in Uebereinstimmung sind, so unterliegt es bei schwächeren und mittelstarken Vergrösserungen ganz und gar keiner Schwierigkeit, das Bild des Mikrometers deutlich auf dem Maassstabe zu sehen und die Zahl der Abtheilungen des ersteren zu ermitteln, welche auf eine oder mehrere Abtheilungen des letzteren treffen. Für die schwächsten Vergrösserungen eignet sich zu diesen Bestimmungen am besten ein Mikrometer, welcher $^1/_{10}$, für stärkere ein solcher, welcher $^1/_{100}{}^{mm}$ angiebt. Als Maassstab kann in beiden Fällen eine mittelst Tusche auf weissem Kartenpapier ausgeführte, höchst genaue Theilung dienen, welche einzelne Millimeter angiebt und auf welcher je 5 und dann je 10^{mm} auf die bekannte Weise durch längere Striche markirt sind.

Bequemer und zuverlässigere Resultate gewährend finde ich ein etwas abgeändertes Verfahren. Ich projicire das Bild des Mikrometers nicht unmittelbar auf den Maassstab, sondern auf ein Papier, schliesse eine oder mehrere Abtheilungen desselben in zwei feine Bleistiftlinien ein, fasse deren Abstand zwischen die Spitzen eines guten Zirkels und bestimme dessen Grösse mittelst eines Maassstabes, der so eingerichtet ist, dass man noch Zehntel des Millimeters messen kann. In der Regel verfahre ich in der Art, dass ich nicht einzelne, sondern je nach den Vergrösserungen Gruppen von 5 oder 10 Mikrometerabtheilungen zwischen zwei feine Linien einschliesse und deren Abstand messe. Auf

diese Weise äussern Unterschiede in dem Werthe einzelner Abtheilungen weniger Einfluss und man erhält das Maass einer solchen Abtheilung so genau, als nur irgend möglich. Nimmt man ausserdem mehrere Messungen an verschiedenen Stellen des Mikrometers vor und zieht daraus das Mittel, so erhalten die daraus gewonnenen Vergrösserungsziffern einen hohen Grad von Verlässlichkeit.

Diese Methode leidet indessen an zwei Fehlern. Erstlich ist sie insofern höchst unbequem und zeitraubend, als man dabei für jede einzelne Combination der verschiedenen Objectivsysteme mit den verschiedenen Ocularen dieselbe Arbeit zu wiederholen hat. Hätte z. B. ein Mikroskop fünf Objectivsysteme und vier Oculare, so wären nicht weniger als zwanzig einzelne Messungen vorzunehmen. Dann ist es bei stärkeren Vergrösserungen fast unmöglich, die Abtheilungen des Objectmikrometers auf der Scala des Maassstabes mit hinreichender Schärfe und Deutlichkeit projicirt zu sehen. Ja selbst dann, wenn man nicht direkt auf den Maassstab projicirt, sondern nach der angegebenen Abänderung verfährt, wird es ziemlich schwierig, bei sehr hohen Vergrösserungen das Bild deutlich genug sehen und nachzeichnen zu können. Manchmal wird man bei starken Ocularen von den meisten Projectionsmitteln ganz und gar im Stiche gelassen, indem sie wegen der bedeutenden Annäherung des Auges an das Ocular kaum mehr anwendbar sind. Weniger störend als dies hier und da geglaubt wird, würde im Ganzen die Breite der Theilstriche wirken, indem man entweder ganz scharf auf deren Mitte oder noch besser auf ihre gleichliegenden Ränder einstellen kann und dann im Stande ist, eine ganz exacte Zeichnung zu entwerfen.

Aus den besprochenen Gründen wurde denn auch schon bald nach Erscheinen der Jaquin'schen Abhandlung von Ettingshausen eine Verbesserung vorgeschlagen (Baumgärtner's und Ettingshausen's Zeitschrift V. 1829, S. 316), welche weit bequemer und auch namentlich für die stärkeren Vergrösserungen mit mehr Sicherheit zum Ziele führt. Ettingshausen ging dabei von dem ganz richtigen Grundsatze aus, dass sich die Vergrösserungen, welche die verschiedenen Objectivsysteme mit demselben Oculare geben, umgekehrt verhalten wie die wirklichen Längen, welche bei diesen verschiedenen Objectivsystemen gleich gross erscheinen oder, was dasselbe ist, deren Bilder den gleichen Raum des Gesichtsfeldes einnehmen. Demgemäss schlug er vor, für jedes einzelne Ocular eines Mikroskopes nur diejenigen Vergrösserungen direkt zu messen, welche es mit nur einem zu dieser Messung am besten geeigneten Objectivsysteme giebt, und daraus diejenigen, welche es mit den übrigen Objectivsystemen gewährt, durch Rechnung zu bestimmen. Zu dem Ende muss das Gesichtsfeld des Mikroskopes durch eine besondere, geschwärzte Blendung mit kleiner Oeffnung in der Art beschränkt werden, dass sein Randtheil, welcher bei dem gewöhnlichen, nicht orthoskopischen Oculare bekanntlich ein weniger scharfes Bild und

eine andere Vergrösserung giebt, als die Mitte, ganz ausgeschlossen wird. Zählt man dann die Abtheilungen eines Mikrometers ab, welche bei der Anwendung eines bestimmten Objectivsystemes das Gesichtsfeld eines Oculares einnehmen, und dividirt mit ihrer Zahl in das Product aus der nach der ersten Methode gefundenen Vergrösserungsziffer des der Messung zu Grunde gelegten Objectivsystemes und der Anzahl von Mikrometerabtheilungen, welche bei diesem das Gesichtsfeld des gleichen Oculares einnahmen, so erhält man die Vergrösserungsziffer der in Rede stehenden Combination.

Seien für ein Mikroskop mit vier Objectivsystemen I, II, III und IV und drei Ocularen 1, 2 und 3, die nach der Jaquin'schen Methode erhaltenen Vergrösserungszahlen für das System I und die drei Oculare $= V$, $\mathfrak{B}$ und v die für die verschiedenen Objectivsysteme und Oculare gefundenen Zahlen der im Gesichtsfelde befindlichen Mikrometerabtheilungen:

$$\text{für Ocular } 1 = Z,\ Z',\ Z'',\ Z''';$$
$$\text{„ Ocular } 2 = \mathfrak{Z},\ \mathfrak{Z}',\ \mathfrak{Z}'',\ \mathfrak{Z}''';$$
$$\text{„ Ocular } 3 = z,\ z',\ z'',\ z''';$$

so sind folgendes die entsprechenden Formeln für die Berechnung:

$$\text{II. 1. } \frac{Z \,.\, V}{Z'} = V'; \quad \text{II. 2. } \frac{\mathfrak{Z} \,.\, \mathfrak{B}}{\mathfrak{Z}'} = \mathfrak{B}'; \quad \text{II. 3. } \frac{z \,.\, v}{z'} = v';$$

$$\text{III. 1. } \frac{Z \,.\, V}{Z''} = V''; \quad \text{III. 2. } \frac{\mathfrak{Z} \,.\, \mathfrak{B}}{\mathfrak{Z}''} = \mathfrak{B}''; \quad \text{III. 3. } \frac{z \,.\, v}{z'} = v'';$$

$$\text{IV. 1. } \frac{Z \,.\, V}{Z'''} = V'''; \quad \text{IV. 2. } \frac{\mathfrak{Z} \,.\, \mathfrak{B}}{\mathfrak{Z}'''} = \mathfrak{B}'''; \quad \text{IV. 3. } \frac{z \,.\, v}{z'''} = v'''.$$

Ein ausgeführtes Beispiel mag das Verfahren näher erläutern. Bei meinem Hartnack'schen Mikroskope legte ich das System 7 der Messung zu Grunde und es fanden sich für die Oculare 1, 3 und 4 nach der Jaquin'schen Methode bestimmt folgende Vergrösserungen 250, 380 und 680. Die Anzahl der Abtheilungen eines in $^1/_{100}{}^{mm}$ getheilten Mikrometers ergab für Ocular 1 mit den Systemen 7, 5, 9 und 10: 48, 96, 24, 20,2. Das Product aus der entsprechenden Vergrösserungsziffer und der Anzahl der Mikrometertheile beträgt demnach 12000 und die Vergrösserungen für Ocular 1 und die übrigen Systeme 5, 9 und 10 sind:

$$\frac{12000}{96} = 125; \quad \frac{12000}{24} = 500; \quad \frac{12000}{20{,}2} = 594.$$

Für die Oculare 3 und 4 mit denselben Systemen sind dieselben auf gleiche Weise zu 190, 762, 900, — 340, 1360, 1613 berechnet worden.

Diese Abänderung der Jaquin'schen Methode, obwohl weit bequemer und sicherer, namentlich auch für das Auge weniger anstrengend als die ursprüngliche, leidet indessen immerhin noch an einigen Mängeln, deren Beseitigung wünschenswerth erscheint. Einmal wird das Resultat der Berechnung, namentlich für stärkere Vergrösserungen, da-

durch etwas unsicher, dass nicht immer eine ganze Zahl von Abtheilungen des Mikrometers das Gesichtsfeld ausfüllt, sondern dass in den meisten Fällen Bruchtheile einer solchen geschätzt werden müssen. Bei dieser Schätzung aber können kleine Fehler um so leichter begangen werden, je breiter die Abtheilungen ausfallen, und es üben dieselben einen um so grösseren Einfluss, je weniger von den letzteren in dem Gesichtsfelde erscheinen. Dann ist die Berechnung, wenn auch weniger zeitraubend als die directe Messung, doch immer noch etwas umständlich, da, wenn wir die Anzahl der Oculare mit m, die der Objectivsysteme mit n bezeichnen, neben der directen Bestimmung von m Vergrösserungen und $m \,.\, n$ Zahlen der Mikrometerabtheilungen, welche im Gesichtsfelde erscheinen, noch $m\,(n - 1)$ aus einer Multiplication und Division zusammengesetzte Rechnungen vorgenommen werden müssen.

Ersterer Mangel wurde schon von H. v. Mohl erkannt und gewürdigt und schlug derselbe (Mikrographie, S. 215 u. f.) vor, statt einen Mikrometer als Object zu benutzen, das Mikroskop auf einen in eine Glasplatte geschnittenen feinen Diamantstrich einzustellen, und diesen mittelst eines Schraubenmikrometers durch das Gesichtsfeld zu führen. Dies Verfahren übertrifft allerdings jenes von Ettingshausen unbedingt an Genauigkeit; es ist aber einmal sehr zeitraubend — was allerdings da, wo es sich vorzugsweise um grosse Genauigkeit handelt, nicht in Betracht kommen kann — und dann gewiss für die meisten praktischen Mikroskopiker auch schon deshalb unausführbar, weil sich wohl kaum Jemand veranlasst sehen wird, der Bestimmung der Vergrösserungen halber ein Instrument anzuschaffen, dessen Preis den meisten in Gebrauch kommenden Mikroskopen nicht viel nachstehen dürfte, zumal da es für mikroskopische Messungen ganz gut durch andere, viel weniger kostspielige Apparate ersetzt werden kann. Ausserdem bliebe dabei die Anzahl und Zusammensetzung der Einzelberechnungen, sowie die sämmtlichen Maassbestimmungen für das Gesichtsfeld bestehen.

Eine beide Mängel beseitigende, allen Anforderungen entsprechende Methode zur Ermittelung der Vergrösserungen wurde von Pohl empfohlen (Berichte der K. K. Akademie der Wissenschaften zu Wien, mathematisch-naturwissenschaftl. Classe, Bd. XI., S. 504 u. f.). Ausser dem oben bei Ettingshausen's Abänderung Erwähnten liegt ihr der weitere Satz zu Grunde, dass die Vergrösserungskraft der Oculare bei den verschiedenen Objectivsystemen unabänderlich dasselbe Verhältniss zeigt. Um nach dieser Methode die Vergrösserungen eines Mikroskopes festzustellen, werden nach der Jaquin'schen Methode die Vergrösserungsziffern sämmtlicher Oculare mit einem passenden Objectivsysteme direct gemessen und dann die Abtheilungen eines Mikrometers ermittelt, welche für ein Ocular in Verbindung mit sämmtlichen Objectivsystemen das Gesichtsfeld einnehmen. Bildet man hierauf die Vergrösserungsexponenten der verschiedenen Oculare, indem man mit der Vergrösserungsziffer des schwächsten Oculares in Verbindung mit dem Normalobjectivsysteme in

die Vergrösserungsziffern der übrigen Oculare mit demselben Objectivsysteme dividirt, und multiplicirt hiermit die für ein Ocular und die anderen Objectivsysteme nach der Ettingshausen'schen Methode berechneten Vergrösserungsziffern, so erhält man sämmtliche Vergrösserungen des Mikroskopes. Bei einem passend gewählten Normal-Objectivsysteme und recht sorgfältiger Messung der wenigen Vergrösserungen bekommt man auf diese Weise, da die Bruchtheile einer nicht ganz in das Gesichtsfeld fallenden Mikrometerabtheilung bei dem schwächeren Oculare, auch für die stärkeren Objectivsysteme, immer mit grosser Zuverlässigkeit geschätzt werden können, höchst genaue Resultate, ohne sehr viel Zeit auf dieselben verwenden zu müssen, was namentlich bei solchen Mikroskopen von Vortheil ist, welche viele Combinationen zulassen.

Bezeichnen wir auch hier wieder die gemessenen Vergrösserungen mit V, $\mathfrak{V}$ und v, die ermittelten Zahlen der Mikrometerabtheilungen für Ocular 1 mit den Objectivsystemen I bis IV mit Z, z', z'', z''', so erhalten wir für die den letzten Combinationen entsprechenden Vergrösserungsziffern die oben gefundenen Werthe V', V'', V''', und als die Vergrösserungsexponenten der Oculare 2 und 3 $\frac{\mathfrak{V}}{V} = Q$ und $\frac{v}{V} = q$. Für die noch übrigen sechs zu berechnenden Vergrösserungen ergeben sich dann folgende Formeln:

$$\text{II. 2. } V' \,.\, Q = \mathfrak{V}'; \quad \text{II. 3. } V' \,.\, q = v',$$
$$\text{III. 2. } V'' \,.\, Q = \mathfrak{V}''; \quad \text{III. 3. } V'' \,.\, q = v'',$$
$$\text{IV. 2. } V''' \,.\, Q = \mathfrak{V}'''; \quad \text{IV. 3. } V''' \,.\, q = v'''.$$

Für das obengenannte Mikroskop wurden, da die gemessenen Vergrösserungen für System 7, Ocular 1, 3 und 4 = 250, 380 und 680, die nach der Ettingshausen'schen Methode berechneten Vergrösserungen = 125, 500 und 594 blieben, die Vergrösserungsexponenten der Oculare 3 und 4 sich zu 1,52 und 2,72 ergaben, folgende Vergrösserungsziffern berechnet, denen ich der Vergleichung halber die nach der Jaquin'schen Methode gefundenen in Klammern beisetze:

	Ocular 3.	Ocular 4.
System 5 . . .	190 (193) . .	340 (342),
„ 9 . . .	760 (755) . .	1360 (1350),
„ 10 . . .	903 (910) . .	1615 (1650) *).

Vergleicht man die Resultate, welche nach den drei verschiedenen Methoden erhalten wurden, so ergibt sich, dass die Unterschiede, wo solche überhaupt bestehen, mit Ausnahme der allerstärksten Ver-

*) Die nach Jaquin gemessenen Vergrösserungen für Ocular 1 und die Systeme 5, 9 und 10 waren 125, 500 und 600.

grösserungen höchst unbedeutend sind und für gewöhnliche Verhältnisse kaum in Betracht kommen. Dass übrigens auch die Bestimmungen nach Pohl nicht absolut fehlerfrei sein werden, lässt sich daraus abnehmen, dass dabei immer noch eine Reihe von Messungen und Zählungen vorgenommen werden müssen, in denen sich wohl einmal ein mehr oder minder bedeutender Fehler einschleichen kann. Verfährt man indessen mit äusserster Sorgfalt, so dürfte wohl kaum auf irgend welche Weise eine grössere Sicherheit und Verlässlichkeit erreicht werden, als es bei diesem Verfahren möglich ist.

Zum Schlusse sei noch besonders auf einige Vorsichtsmaassregeln hingewiesen, welche man bei den directen Messungen, die ja immer die Grundlage der ganzen Arbeit bilden, zu beobachten gut thun wird.

Erstens hat man sich auf das Genaueste von der Beschaffenheit der Theilung des zu benutzenden Objectmikrometers zu überzeugen, um etwa vorkommende Unterschiede in dem Werthe der einzelnen Abtheilungen, welche wohl ohne Ausnahme bei solchen Mikrometern in höherem oder geringerem Maasse vorhanden sind, gehörig in Rechnung zu bringen. Am einfachsten umgeht man die hieraus fliessenden Ungenauigkeiten, wenn man nicht einzelne Abtheilungen für sich, sondern ganze Gruppen derselben, etwa 5 bis 10, der Messung zu Grunde legt. Dadurch vertheilt sich der etwaige Fehler so auf die einzelnen Abtheilungen, dass er kaum mehr einen Einfluss äussern kann. Noch besser ist es, wenn man nicht eine, sondern mehrere Gruppen von verschiedenen Stellen des Mikrometers misst und dann aus den verschiedenen Messungen das Mittel zieht. Auch ist es nothwendig, sich zu überzeugen, ob die getheilte Maasseinheit nicht abweicht, so dass z. B. mehr oder weniger als 1^{mm} getheilt wäre. Im Ganzen wird indessen eine geringe Abweichung in dieser Beziehung kaum von Belang sein. Nur bei den stärkeren Vergrösserungen ist dieselbe, namentlich bei den Messungen von Abtheilungsgruppen, genau zu beachten. Wäre z. B. statt eines vollen Millimeters nur $0{,}95^{mm}$ getheilt, so würde die Differenz zwischen dem wahren und dem gefundenen Werthe für eine Gruppe von 5 Abtheilungen $= 0{,}0025^{mm}$ sein, was bei einer Linearvergrösserung von 1000 schon von erheblicher Bedeutung sein und eine wirklich 1000fache Vergrösserung auf eine 975fache herabdrücken würde, ein Fehler, welcher die durch die verschiedenen Methoden gefundenen Differenzen bedeutend überschritte. Ueber die Mittel zur genauen Bestimmung dieses Maasses wird später bei den mikrometrischen Messungen das Nöthige beigebracht werden.

Zweitens hat man die Breite der Theilstriche gehörig zu berücksichtigen und zu beachten, dass der Werth einer Abtheilung nicht durch die einander gegenüberliegenden Ränder derselben, sondern durch deren Mitte oder deren gleichliegende (linke oder rechte) Ränder bestimmt wird. Bei dem Gebrauche eines solchen Mikrometers, dessen Theilstriche, wenn auch sonst bezüglich der Feinheit allen Anforderun-

gen genügend, doch bei stärkeren Vergrösserungen mit einer gewissen Breite erscheinen, muss man daher entweder genau auf die Mitte oder noch besser auf die gleichliegenden Ränder der letzteren einstellen und diese Stellen durch feine Bleistiftlinien markiren, oder bei der Vergleichung berücksichtigen.

Drittens muss das Auge sich stets in der einmal angenommenen Entfernung von der Fläche befinden, auf welcher das Bild des Mikrometers projicirt wird. Wo daher der Abstand der Objectivsysteme von dem Objecte merkliche Unterschiede zeigt, muss gesucht werden diese aufzuheben. Am einfachsten hilft man sich dabei, falls das Zeichenpult nicht zum senkrechten Verstellen eingerichtet ist, durch Auflegen von passend hergerichteten Brettchen oder Papptafeln, wenn die Entfernung zwischen Auge und Projectionsebene grösser wird. Um letztere genau zu messen, bedient man sich am besten eines verschiebbaren Maassstabes, welcher an der Fassung der Camera lucida festgeschraubt werden kann.

Viertens muss man sich daran gewöhnen, das Auge während des Vergleichens der sich deckenden Maasseinheiten oder während des Zeichnens der Mikrometerabtheilungen ganz ruhig zu halten. Denn bewegt sich dasselbe um seine Querachse nach rechts oder links, so finden immer in der Lage des Mikrometerbildes Verschiebungen statt, welche zu bedeutenden Fehlerquellen werden können.

Endlich hat man — worauf schon früher hingewiesen wurde — darauf zu achten, dass man nur die Theile des Bildes zur Messung verwendet, welche nahe an der Mitte des Gesichtsfeldes liegen. Zu diesem Zwecke ist eine einfache geschwärzte Blendung mit einer Oeffnung von 2,5 bis 3^{mm} ganz gut. Mittelst ihrer kann man, durch Auflegen auf die Blendung des Oculares, das Gesichtsfeld in dem gewünschten Grade beschränken.

Grösse des Gesichtsfeldes. — Bei der Ermittlung der Ausdehnung des Gesichtsfeldes, welche man zweckmässig mit der Bestimmung der Vergrösserungen verbindet, kommt dessen scheinbare und wahre Grösse in Betracht. Um die erstere zu finden, bedarf es, da dieselbe einzig und allein von dem Oculare abhängt, nur der Abzählung der in dem Gesichtsfelde erscheinenden Mikrometerabtheilungen bei Anwendung nur eines Objectivsystems mit den verschiedenen Ocularen und dann der Bildung des Productes aus ihrem wirklichen Werthe mit der entsprechenden Vergrösserungsziffer. Dieselbe beträgt z. B. bei dem mehrfach erwähnten Hartnack'schen Mikroskope, da mit System 7 und den Ocularen 1, 3 und 4 je 48, 38,5 und 35 Abtheilungen des in $^{1}/_{100}{}^{mm}$ getheilten Glasmikrometers in das Gesichtsfeld fallen und die entsprechenden Vergrösserungsziffern 250, 380 und 680 betragen: $\frac{48}{100} \cdot 250 = 120$, $\frac{38{,}5}{100} \cdot 380 = 146$ und $\frac{35}{100} \cdot 650 = 228$ Millimeter.

Den wahren Durchmesser erhält man hieraus für sämmtliche Combinationen, indem man den scheinbaren Durchmesser durch die entsprechende Vergrösserungsziffer dividirt. Er beträgt z. B. bei System 9 $\frac{120}{500}$, $\frac{146}{762}$ und $\frac{238}{1360}$, d. h. 0,24, 0,19, 0,17 Millimeter.

2. Prüfung des Begrenzungs- und Auflösungs- oder Unterscheidungsvermögens.

Bei der Prüfung eines Mikroskopes auf sein Begrenzungs- und Auflösungsvermögen hat man alle Vorsichtsmaassregeln zu beachten, welche bei schwierigen mikroskopischen Untersuchungen überhaupt in Anwendung kommen, und verweise ich daher, um Wiederholungen zu vermeiden, auf die dahin bezüglichen Stellen dieses Werkes. Nur einige kurze Bemerkungen möchte ich vorausschicken, welche meiner Erfahrung gemäss besondere Beachtung verdienen. Zunächst ist zu einer derartigen Untersuchung einzig und allein das Tageslicht zu verwenden und unter keiner Bedingung zu künstlicher Beleuchtung Zuflucht zu nehmen. Es werden in Bezug auf Nobert's Platte sowohl als auf die natürlichen Probeobjecte allerdings bei künstlicher Beleuchtung weit günstigere Resultate für das Instrument erzielt, diese aber sind durchaus nicht maassgebend, indem bei der grellen Beleuchtung selbst mittelst weniger guter Objectivsysteme Lösungen hervorgebracht werden, die zu grossen Erwartungen berechtigen könnten, wenn das Tageslicht dieselben nicht alsbald in Schaum aufgehen liesse. Daher rühren denn auch die erstaunlichen Resultate, welche hie und da mittelst in anderen Beziehungen ganz und gar nicht ausgezeichneter Systeme erreicht und bekannt gemacht worden sind. Das Mikroskop ist einmal seinem ganzen Zwecke nach für den Tag und nicht für die Nacht bestimmt und solche Fälle, wo man es zu letzterer Tageszeit gebraucht, sind und bleiben immer Ausnahmen. Ferner hat man darauf zu achten, dass man seine Prüfung bei möglichst gleichmässigem Lichte vornimmt. Am geeignetsten habe ich hierzu stets einen ununterbrochen mit hellen Wolken bedeckten, gleichsam mit einem dünnen, leuchtenden Wolkenschleier überzogenen Himmel gefunden. Das Licht ist dabei nicht allein vollkommen gleichmässig, es besitzt auch hinreichende Intensität, um alle erforderlichen Abstufungen in der Beleuchtung der Probeobjecte zu erzielen. Nach einem derartig beschaffenen ziehe ich einen rein blauen Himmel in den Morgen- und Nachmittagsstunden vor, in denen im Sommer die Sonne nicht zu hoch steht. Niemals sollte man eine derartige Arbeit bei zerrissen bewölktem oder grauem Himmel vornehmen, da im ersteren Falle die Beleuchtung zu sehr wechselt und bei einigermaassen schwierigen Objecten das Auge furchtbar ermüdet, im anderen Falle aber für die stärkeren Objectivsysteme das Licht nicht mehr ausreicht, um deren volle optische Kraft auszubeuten. Was endlich die Art der Beleuchtung betrifft, so ist zur Prüfung des

Begrenzungsvermögens nur die centrale Beleuchtung zu empfehlen. Auch bei der Prüfung des Auflösungsvermögens gebe man dieser normalen Beleuchtungsweise den Vorzug. Man prüfe erst die Kraft seiner sämmtlichen Objective in dieser Weise und schreite erst dann zur schiefen Beleuchtung, wenn bei ersterer nichts mehr zu erreichen ist, oder wenn man sich darüber unterrichten will, in welcher Weise schiefes Licht auf die Sichtbarmachung sowie auf die Aenderung der Ansicht schwieriger Probeobjecte einwirkt. Soll ich Gründe für dieses Verfahren anführen, so werden wohl folgende drei ausreichen. Erstens ist die centrale zugleich die normale Beleuchtungsweise für die meisten wissenschaftlichen Untersuchungen, während die schiefe nur in einzelnen Ausnahmefällen, und dann allerdings nicht ohne entschiedenen Vortheil, in Anwendung kommt. Es ist daher von der höchsten Wichtigkeit zu wissen, bis zu welchem Grade man sich unter normalen Verhältnissen auf sein Instrument verlassen kann. Zweitens hängen die Resultate der Prüfung bei schiefem Lichte zu oft von einzelnen Umständen, wie Spiegelstellung und dergleichen, ab, so dass man sich bei sehr schwierigen Objecten oft vergeblich bemüht, eine gewisse Ansicht zu gewinnen, die ein anderes Mal Einem der Zufall ohne Weiteres in die Hände spielt. Drittens ändert sich die Ansicht der Probeobjecte mit dem Wechsel in der Richtung der Lichtstrahlen in mancherlei Weise und veranlasst nicht selten allerlei Täuschungen, worüber uns die verschiedenen Zeichnungen, die über das einzige Pleurosigma angulatum vorliegen und welche mannigfache Streitigkeit über die wahre Beschaffenheit seiner Oberflächenstructur hervorgerufen haben, genügend belehren.

Ueber das gegenseitige Verhältniss der beiden in der Ueberschrift bezeichneten Vermögen zueinander habe ich mich weiter oben schon ausgesprochen. Demgemäss reichten eigentlich diejenigen Probeobjecte, welche man vorzugsweise zur Prüfung des Auflösungsvermögens gebraucht, zur Prüfung beider aus und es bilden die nicht zu schwierig lösbaren derselben für die stärksten Objectivsysteme sogar die besten Prüfsteine für das Begrenzungsvermögen. Es kommen dann für das Auflösungsvermögen die Beschaffenheit der Zeichnung, die gegenseitige Entfernung und die relativen Maassverhältnisse der Linien, Punkte und dergleichen, für das Begrenzungsvermögen dagegen die Art und Weise, wie, d. h. die Schärfe und Klarheit, mit welcher ein Objectivsystem derartige Structurunterschiede erkennen lässt, in Betracht. Da es jedoch immer schwieriger ist, das Begrenzungsvermögen, als das Auflösungsvermögen genügend zu beurtheilen, so lange Einem nicht bestimmte Erfahrungen zur Hand gehen, so halte ich es namentlich denjenigen Lesern gegenüber, welche nicht schon mit dem Gebrauche des Mikroskopes vertrauter und im Auffassen mikroskopischer Bilder geübter sind, für angemessen, neben den Probeobjecten für das Auflösungsvermögen eine Reihe solcher aufzuführen und näher zu beschreiben, welche gewöhnlich zur Beurtheilung des Begrenzungsvermögens angewendet werden. Um ferner allgemeine, annähernd

gültige Anhaltspunkte zu gewinnen für den Grad des Auflösungsvermögens, welches neben dem nie und für keine Classe von Objectivsystemen ausser Acht zu lassenden vollkommenen Begrenzungsvermögen und der möglichsten Farbenfreiheit zu verlangen ist, scheint es mir geeignet, nach dem Vorgange Carpenter's die verschiedenen Objectivsysteme je nach dem Zwecke, dem sie zu dienen haben, zu classificiren, und dabei die entsprechenden Probeobjecte aufzuführen, welche den Maassstab zu ihrer Beurtheilung abgeben können.

Sieht man von einzelnen Nebenzwecken ab, so lassen sich die Objectivsysteme von den niedersten bis zu den höchsten Graden der Stärke in drei Classen bringen.

Die erste Classe umfasst alle diejenigen Objectivsysteme, welche vorzugsweise zur Betrachtung undurchsichtiger Gegenstände mittelst auffallenden Lichtes, sowie zur Untersuchung solcher durchsichtiger Objecte und Präparate gebraucht werden, die eine verhältnissmässig erhebliche Grösse besitzen, oder von denen man sich eine allgemeine Uebersicht der gröberen Structurverhältnisse verschaffen will. Es gehören dahin die Objectivsysteme von 60 bis zu etwa 10^{mm} Brennweite, welche mit den schwächsten, etwa $2\frac{1}{2}$- bis 3mal das objective Bild vergrössernden Ocularen (Hartnack u. A.) eine 10- bis 80malige, mit den stärkeren aber (Belthle) eine etwa doppelt so starke Vergrösserung gewähren*). Für diese Classe von Objectivsystemen kommt namentlich vollkommenes Begrenzungsvermögen und vollständige Farbenfreiheit in Betracht, während das Auflösungsvermögen in nur mässigem Grade entwickelt zu sein braucht, niemals aber auf Kosten der übrigen Eigenschaften bevorzugt sein darf. Zur Prüfung des Begrenzungsvermögens dieser Systeme eignen sich als Objecte für auffallendes Licht bei dunklem Grunde namentlich die Pollenkörner der Malvaceen, z. B. von Althaea rosea mit ihren Stacheln der Exine, dann Theile von Insectenflügeln, welche mit Farbeschuppen bedeckt sind. Für durchgehendes Licht gewähren die Tracheen der Seidenraupe und für stärkere Vergrösserungen die Haare von dem Rücken der Hausmaus, ebenso ein Längsschnitt aus dem Wurzelholze eines Nadelholzes gute Dienste. Gewährt ein Objectivsystem die später geschilderte Ansicht von diesen Objecten, so kann man sich mit dessen Leistungen zufrieden geben. Alle Linien müssen dabei scharf, klar und ohne zu grosse Breite erscheinen, wenn sie genau eingestellt sind. Zur Prüfung des Auflösungsvermögens der stärkeren Objectivsysteme dieser Classe dienen die ersten Gruppen der Nobert'schen Platte oder die denselben gleichstehenden natürlichen Probeobjecte, wozu die Schuppen von Lepisma saccharina und die gewöhnlichen Schuppen von Pieris rapae, dann die Kieselschalen von Pinnularia nobilis, Navicula viridis gehören, sowie die von einem Draht-

*) Ich habe hier immer das niedrigste in der Regel mit Nro. 1 bezeichnete Ocular der verschiedenen Werkstätten im Auge.

netze in der Brennfläche von grösseren Luftblasen entworfenen Bildchen. In dieser Beziehung genügt ein Objectivsystem zwischen 25 bis 10^{mm} Brennweite, wenn es, je nach seiner Brennweite, bei centraler Beleuchtung die erste bis fünfte Gruppe der Nobert'schen Platte scharf und deutlich löst, die Längsstreifen auf den grösseren, länglichrunden, oder für stärkere Vergrösserungen auf den kleineren, fast kreisrunden Schuppen von Lepisma, die Querstreifen von P. rapae, sowie die Querstreifen auf den Kieselschalen der genannten Diatomaceen zeigt, indem dann bei seinem Gebrauche alle diejenigen Einzelheiten der Objecte zum Vorschein kommen, zu deren Beobachtung sie dienen sollen. Objectivsysteme von stärkerem Auflösungsvermögen lassen selbst noch bei centraler Beleuchtung die Querstreifen auf den Schuppen des Weibchens von Hipparchia Janira erkennen und lösen bei schiefer Beleuchtung überhaupt die leichteren Probeobjecte für die folgende Classe. Man dürfte indessen kaum in den Fall kommen, bei den einschlägigen Untersuchungen von einem so hohen Auflösungsvermögen Gebrauch zu machen.

Zur zweiten Classe gehören die Objectivsysteme zwischen 10 bis 3^{mm} Brennweite, welche mit den schwächeren Ocularen eine etwa 100- bis 300malige, mit den stärkeren eine 150- bis 500malige Vergrösserung geben. Diese Objectivsysteme geniessen die ausgedehnteste Anwendung zu wissenschaftlichen Untersuchungen. Sie dienen vorzugsweise zur Beobachtung durchsichtiger oder durchsichtig hergerichteter Objecte und Präparate aus der morphologischen Entwickelungsgeschichte, sowie aus der allgemeinen und vergleichenden Histiologie des Pflanzen- und Thierreiches. Sollen dieselben ihrem Zwecke vollständig entsprechen, so ist neben einem vollkommenen Begrenzungsvermögen und möglichster Farbenfreiheit auch ein hinreichender Grad von Auflösungsvermögen erforderlich. Als Probeobjecte für das Begrenzungsvermögen sind für die schwächeren Objectivsysteme dieser Classe die Rückenhaare der Hausmaus, die Haare der gemeinen Fledermaus, zarte Längsschnitte aus dem Wurzelholze der einheimischen Coniferen, für die stärkeren die getüpfelten Schuppen von Lycaena Argus oder L. Alexis, die dunkleren Schuppen von Podura plumbea, quergestreifte Muskelfasern, sowie die Schleimkörperchen aus der Mundhöhle sehr geeignet. Für das Auflösungsvermögen können die fünfte bis zur zehnten oder zwölften Gruppe der Nobert'schen Probeplatte, die kleinen Bildchen des Drahtnetzes, und von den natürlichen Probeobjecten die Schuppen von Hipparchia Janira, Lycaena Argus und Lycaena Alexis, dann die Kieselschalen von Pleurosigma formosum, balticum und attenuatum, Grammatophora serpentina für gerades Licht, diejenigen von Synedra fulgens, Pleurosigma angulatum und Grammatophora marina für schiefes Licht in Anwendung kommen. Gutes Begrenzungsvermögen gibt sich durch hinreichend scharfe und dunkle, dabei aber feine und zarte Begrenzungslinien der genau eingestellten Theile des betreffenden Objectes zu erkennen. Breite Schatten der Grenzlinien, welche hier und da erzielt zu werden pflegen, sind ein

Zeichen von ungenügend gehobener Aberration und bilden, so sehr sie auch in Betreff mancher Bilder bestechen mögen, einen Fehler, der sich in einem oder dem anderen Falle bestimmt geltend macht. Ebenso beruht die Ansicht mancher Mikroskopiker, dass sich auch diejenigen Theile des Gegenstandes, welche sich nicht gerade im Focus befinden, deutlich darstellen müssten, worauf Carpenter (The microscop and its revelations, p. 177 and 178) ein eigens von ihm „penetrirende Kraft" genanntes Vermögen des Mikroskopes gründet, auf falschem Verständniss. Diese Eigenschaft ist, so angenehm sie auch in einzelnen Fällen der bequemen Uebersicht halber sein mag, ein Fehler des Objectives, der auf schlechter Verbesserung der sphärischen Abweichung beruht. Objectivsysteme dieser Art lassen den Beobachter häufig im Stiche, sobald es gilt, feinere Einzelheiten der Structur zu erforschen und festzustellen, was bei den hier in Frage kommenden Untersuchungen nicht zu umgehen ist. In Bezug auf das Auflösungsvermögen genügt es, wenn ein Objectivsystem dieser Classe je nach seiner Stärke die fünfte bis zehnte oder zwölfte Gruppe der Nobert'schen Platte, die Querstreifen auf den Flügelschuppen der genannten Schmetterlinge oder die Querstreifen auf den Kieselschalen der sieben erstgenannten Diatomaceen bei centraler Beleuchtung mit Schärfe und Klarheit löst. Objectivsysteme mit grösserem Oeffnungswinkel lösen wohl auch noch die ersten der zuletzt genannten Diatomaceen, sowie Nobert's Probeplatte bis etwa zur dreizehnten Gruppe mittelst traler Beleuchtung, während bei schiefer Beleuchtung auch die weniger schweren Probeobjecte für die folgende Classe, sowie die sechzehnte und zwanzigste Gruppe der Nobert'schen Platte noch auflösbar sind. So hohes Auflösungsvermögen ist indessen bei diesen weniger theuren Systemen des Continentes hie und da mit mangelhafter Correction der sphärischen Abweichung und einem so hohen Grade von Farbe verbunden, dass es mit Rücksicht auf die hier im Allgemeinen zu erzielenden Erfolge mehr schadet als nützt, indem solche Systeme mit Ausnahme einzelner besonderer Fälle zu den meisten Untersuchungen nicht gut brauchbar sind. Es wird daher, wo sich Einem oder dem Anderen ein scheinbares oder wirkliches Bedürfniss nach Objectivsystemen von so hohem Auflösungsvermögen den Optikern gegenüber geltend macht, von diesen der oben vorgeschlagene Weg zu befolgen sein.

Zu der dritten Classe gehören alle Objectivsysteme von unter 3^{mm} Brennweite, welche mit den schwächeren Ocularen eine 300- bis 600-malige Vergrösserung gewähren, während die letztere durch stärkere Oculare bis zu 1000- und 2000mal gesteigert werden kann, wenn das Objectivsystem in jeder Beziehung vollkommen ist. Für die eigentliche Beobachtung kommen allerdings nur die mittelst der schwächeren Oculare erzielten Vergrösserungen in Betracht, allein für manche Zwecke, z. B. für Zählung kleiner Objecte, mikrometrische Messung, bequemere Erkenntniss mancher Einzelheiten u. s. w., sind jene stärkeren Vergrösserungen ganz erwünscht. Diese stärksten Objectivsysteme sind von

einer weit beschränkteren Anwendung als die der vorhergehenden Class Sie dienen vorzugsweise zu Untersuchungen der feinsten anatomische Gegenstände, bei denen es sehr zarte Structurverhältnisse zu erforsche gilt, dann zu Untersuchungen über die Entwickelungsgeschichte d organischen Elementartheile. Wer sich mit den feinsten und letzt Structurunterschieden in dem Baue der organischen Elementarorgane, d Zellhüllen und dergleichen, unterrichten, wer die Wissenschaft in B ziehung auf die Entstehung und Ausbildung der Zellen, Gefässe u. s. fördern und dabei die minutiösesten Einzelheiten aufspüren will, d kann derselben nicht entbehren, muss sich aber nicht allein mit der immerhin nicht leichten Behandlung vertraut machen, sondern auch der Präparation der entsprechenden Objecte die nöthige Fertigkeit erwe ben, wenn er sich derselben mit Vortheil bedienen will. Für diese Syste ist neben vollkommenem Begrenzungsvermögen und hohem Achromati mus, sowie neben bedeutender Lichtstärke ein hohes auflösendes V mögen unbedingtes Erforderniss, und in je höherem Grade dieses unt vollständiger Bewahrung der genannten Eigenschaften en wickelt ist, desto höher steigt der Werth eines solchen Objectivsys mes. Dass dieses Ziel ein schwierig zu erreichendes ist, darauf wur schon früher hingewiesen. Man darf sich daher auch nicht wunder wenn solche Meisterwerke der praktischen Optik den früher gewohnt Preis bedeutend übersteigen. Die vorzüglichsten Objectivsysteme d ser Art, welche ich in neuerer Zeit kennen gelernt habe und in den sich alle die genannten Eigenschaften in möglichster Vollkommenh vereinigt finden, sind die zur Eintauchung in Wasser und Mohnöl b stimmten Amici'schen Objectivserien V und VI, dann die Hartnacl schen Systeme 9, 10 und 11 mit Verbesserungseinrichtung und zur E tauchung in Wasser, denen ich vor den ersteren noch den Vorzug geb möchte, indem bei ihnen die auflösende Kraft noch etwas höher gest gert, der Achromatismus aber fast noch vollkommener gewahrt ist.

Als Probeobjecte für das Begrenzungsvermögen können die lich ren Schuppen von Podura plumbea, die Schleimkörperchen, die Primit fibrillen der quergestreiften Muskelfasern, und vor Allem als bester Pr stein die Schärfe der kleinsten Bildchen auf Luftblasen und der Zei nungen auf den Flügelschuppen der Schmetterlinge, sowie auf den Kies schalen der Diatomaceen dienen, deren wahre Beschaffenheit bei schwierigeren Objecten nur mittelst Objectivsystemen von ausgezeich tem Begrenzungsvermögen erkannt werden kann. Zur Prüfung Auflösungsvermögens dienen neben den genannten Bildchen des Dra netzes vorzugsweise die Nobert'sche Platte über die funfzehnte Gru hinaus und von den natürlichen Probeobjecten Pleurosigma angulatum scalprum, Grammatophora marina und subtilissima, Navicula veneta rhomboides (Amici, affinis), Fragillaria capucina, Striatella unipuncta Surirella Gemma, Rhizosolenia styliformis, Frustulia saxonica und schiedene Arten aus der Gattung Nitzschia. Nur die besten Syste

lösen die leichteren der genannten Probeobjecte, ebenso die Nobert'sche Platte bis etwa zur zwanzigsten Gruppe bei sehr günstigem, weissem und intensivem Lichte und gerader Beleuchtung vollkommen, während man in der Regel schiefes Licht anwenden muss, um das erforderliche Detail zu sehen. Natürlich ist die Zeichnung bei centraler Beleuchtung, wenn auch hinreichend scharf, doch weniger leicht zu sehen als bei schiefer. Ich habe indessen bei sehr günstiger Beleuchtung und mittelst geraden Lichtes mit dem Hartnack'schen System 10 die Querstreifen von Grammatophora subtilissima einige Male so deutlich gesehen, dass ich sowohl, wie Andere, denen ich sie zeigte, dieselben mittelst des Spitzenoculares zählen konnten.

Es bleibt uns nun noch übrig, die eben aufgeführten Probeobjecte etwas näher zu betrachten und nach ihrer für den betreffenden Zweck vorzugsweise in Betracht kommenden Beschaffenheit zu charakterisiren. Die beigegebenen Zeichnungen mögen dabei den weniger Erfahrenen soweit als möglich unterstützen. Dieselben sind daher alle so ausgeführt, wie sie mit den anerkannt besten Objectivsystemen gesehen werden und wie sie sich dem Beobachter darstellen müssen, wenn das Instrument die im Voranstehenden hervorgehobenen Eigenschaften besitzen soll.

Probeobjecte für das Begrenzungsvermögen. — Ausschliesslich zur Prüfung des Begrenzungsvermögens verwendete Probeobjecte bilden:

1. Für auffallendes Licht auf dunklem Grunde: Stärkekörner von Solanum tuberosum, Canna indica u. s. w., Pollenkörner, Theile von Insectenflügeln, welche entweder mit den bekannten Farbeschüppchen oder mit feinen Haaren bedeckt sind. — Die Haare der Hausmaus.
2. Für durchgehendes Licht: Tracheen der Seidenraupe, Haare der Haus- und Fledermaus, Quer- und Längsschnitte von Pinus sylvestris und Abies excelsa oder einer anderen Nadelholzart, die getüpfelten Schüppchen von Lycaena Argus, Argiolus oder Alexis, die Schüppchen von Podura plumbea, quergestreifte Muskelfasern und endlich die sogenannten Schleim- oder Speichelkörperchen.

Die Stärkekörner, welche man am besten von der Kartoffel und wo möglich von den Früchten nimmt, weil diese nicht gar zu klein sind, müssen, wenn man sie mittelst auffallenden Lichtes betrachtet, von einer feinen, hellweissen, scharf abgeschnittenen Grenzlinie umgeben erscheinen und darf sich an dem scharf abgeschnittenen Rande durchaus kein Lichtnebel zeigen.

Unter den Pollenkörnern sind namentlich diejenigen vorzuziehen, deren Exine mit kleinen stachelförmigen Erhebungen besetzt ist, wie die der Malven. Sehr geeignet sind diejenigen von der gemeinen Stockrose, Althaea rosea, welche etwa einen Durchmesser von $1/_6$ bis $1/_8{}^{mm}$ be-

sitzen. Die kleinen Stacheln müssen scharf abgeschnitten gesehen werden und es darf ihre Begrenzung auch bei Anwendung der stärkeren Oculare nicht an Feinheit und Schärfe verlieren, wenn ein gutes Objectivsystem zur Beobachtung gebraucht wird. Erscheinen dieselben nicht scharf von der Fläche des Kornes abgehoben und ihre Grenzen verwaschen und nebelig, oder verbreitern sich dieselben bedeutend bei stärkeren Ocularvergrösserungen, so darf man überzeugt sein, dass das in Anwendung gekommene Objectivsystem mangelhaft corrigirt ist.

Ein sehr gutes Object für auffallendes Licht gewähren auch Theile solcher Insectenflügel, welche, wie bei den Schmetterlingen, bei dem Diamantkäfer (Curculio imperialis), dem Birnenrüsselkäfer (Cur. Pyri) und anderen dieser Familie mit kleinen Schüppchen oder, wie bei den Fliegen, mit kleinen Härchen bedeckt sind. Jene Schüppchen sowohl als die feinen Haare und deren kreisrunde Ansatzstellen müssen scharf umgrenzt und deutlich abgehoben erscheinen. Die behaarten Flügel eignen sich ausserdem auch recht gut zur Prüfung des Begrenzungsvermögens bei durchgehendem Lichte und ist dabei vorzugsweise auf das deutliche Hervortreten der Anhaftungsstellen der Haare zu sehen.

Die Haare der Hausmaus eignen sich sowohl für auffallendes wie für durchgehendes Licht und können in ersterem Falle trocken, sowie in eine Flüssigkeit eingelegt verwendet werden. Trocken eingelegte oder auch in Canadabalsam liegende Haare müssen die hellen und dunklen Stellen deutlich getrennt und durch scharfe Linien voneinander geschieden erkennen lassen, wobei die ersteren ein schön silberglänzendes Ansehen zeigen, Fig. 45.

Fig. 45.



1:75

Fig. 46.



1 : 660

Fig. 47.



1 : 660

In Chlorcalcium eingelegte Haare werden ganz von der Flüssigkeit durchdrungen und lassen dann jene Verschiedenheit weniger gut erkennen, dagegen müssen sie von einer scharfen, feinen silberglänzenden Linie begrenzt erscheinen und es sollen bei mittleren und stärkeren Vergrösserungen der Objectivsysteme die Stellen deutlich hervortreten, welche durch die zellige Structur der Rindenschicht hervorgerufen werden. Bei durchgehendem Lichte zeigt sich ungefähr dasselbe Bild; nur erscheinen jetzt die vorhin

glänzenden Stellen dunkel, die vorher dunklen aber durchsichtig (Fig. 46 und Fig. 47).

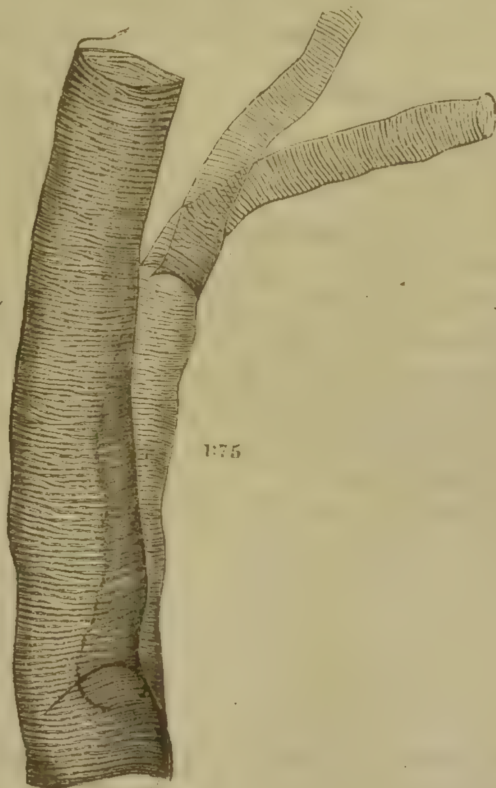
Auch die Haare der gemeinen Fledermaus (Vespertilio murinus)

Fig. 48.



1 : 420

Fig. 49.



1:75

(Fig. 48) bieten in der Structur ihrer Rindenschicht, welche aus spiralig geordneten, platten, schuppenartigen Zellen besteht, die am Rande etwas vorspringen, gleich den vorigen ein sehr gutes Probeobject für die stärkeren Objectivsysteme der ersten Classe und für die schwächeren der zweiten Classe bei durchgehendem Lichte.

Die Tracheen der Seidenraupe (Fig. 49) bilden ein recht brauchbares Probeobject und können die Hauptäste zur Prüfung schwächerer, die immer feiner und zarter werdenden Verzweigungen derselben zur Prüfung der stärkeren Vergrösserungen verwendet werden. Gute Systeme müssen die Spiralbänder deutlich von einander getrennt sowie klar und bestimmt umgrenzt zeigen, ohne dass sich in den Zwischenräumen die geringste Farbeerscheinung oder nebeliges Aussehen bemerkbar machen dürfen.

Der Querschnitt einer Nadelholzart, namentlich der Kiefer, eig-

net sich ganz vortrefflich für die Prüfung des Begrenzungsvermögens und bietet namentlich die Schärfe, Reinheit und Feine der Grenzlinien des aus der Intercellularsubstanz und den primären Zellstoffhüllen gebildeten Netzwerkes (Fig. 50) ausgezeichnete Anhaltspunkte für die mittleren und starken Objectivsysteme.

Auf Längsschnitten von Pinus sylvestris, Abies excelsa und der-

Fig. 50.

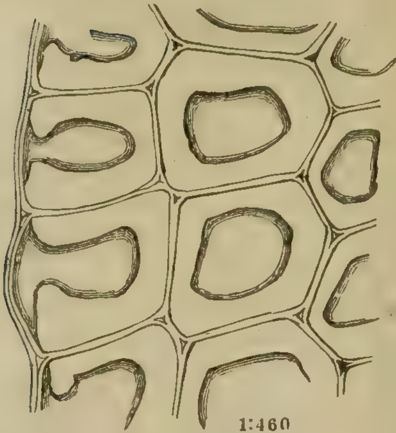


Fig. 51.

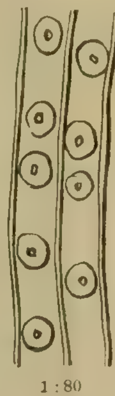
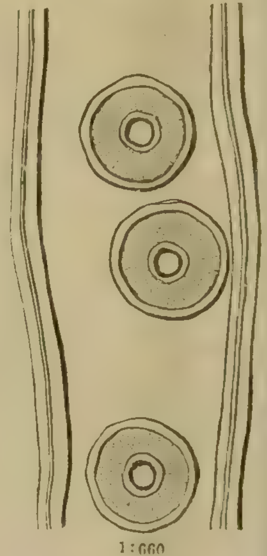


Fig. 52.



gleichen Nadelholzarten (Fig. 51 u. 52), welche man am besten aus dem Wurzelholze nimmt, kommt vorzugsweise die Umgrenzung des Tüpfelcanales in Betracht. Dieselbe muss nicht allein bei voller Zartheit doch klar und bestimmt hervortreten, sondern es muss auch der Innenraum völlig frei von jeglicher Farbenzerstreuung sein, wenn das Objectiv allen gerechten Anforderungen entsprechen soll. Ich finde dieses Probeobject nicht allein für die schwächeren Systeme, sondern auch für die stärkeren, namentlich aber für diejenigen der zweiten Classe sehr geeignet, indem das Bild, unter dem sich der ganze Tüpfel darstellt, einen sehr guten Anhaltspunkt zur Beurtheilung nicht nur der Correction der sphärischen, sondern auch der chromatischen Abweichung darbietet.

Fig. 53.



Fig. 54.

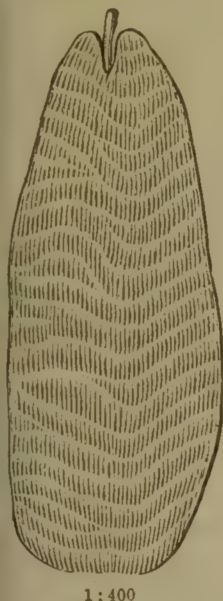


Die getüpfelten Schüppchen von den Flügeln der vorher genannten Lycaena-Arten (Fig. 53 und 54) eignen sich sehr gut zur Prüfung der

Objectivsysteme zweiter Classe und werden zu diesem Zweck am besten in Balsam aufbewahrt, indem sie dann ein schön aufgehelltes Bild gewähren. Bei allen müssen sowohl die in Längsreihen geordneten ringförmigen Punkte mit der in ihrer Mitte stehenden haarförmigen Spitze deutlich und scharf umgrenzt gesehen, als auch die die einzelnen Ringe verbindenden zarten Längsstreifen erkannt werden, ohne dass einzelne nahe beieinander stehende Ringe zusammenfliessen dürfen.

Die Schüppchen, welche Körper und Beine der Podura plumbea bedecken, sind zweierlei Art, grösser, dunkler und kleiner, heller (Fig. 55 u. 56). Auf den ersteren, die sich ausserdem durch ihre mehr in die Länge gezogene Gestalt leicht bemerklich machen, sind die ihre Oberfläche bedeckenden, in wellenförmigen Querreihen angeordneten, keilförmigen Erhebungen bedeutend stärker markirt, während sie auf den letzteren, namentlich auf den fast kreisrunden Exemplaren weit zarter und schwächer gezeichnet sind. Die dunkleren Schüppchen sind für die schwächeren Objectivsysteme der zweiten, die helleren aber für die stärkeren Systeme dieser sowohl als für die schwächeren der höchsten Classe ein sehr gutes Probeobject für das Begrenzungsvermögen. Es müssen an ihm die genannten Zeichnungen deutlich, von der Umgebung bestimmt abgehoben und scharf begrenzt hervortreten, ohne dass sie unter der Form von zusammenhängenden Längslinien erscheinen, wie es häufig bei weniger gut definirenden Systemen der Fall ist. Mit den vollkommneren Systemen erkennt man zwischen den Längsstreifen auch zarte Querstreifen (Fig. 57), und mittelst der allerstärksten Systeme auf dem breiteren Ende der Keilchen, welche die Längslinien bilden, noch eine ringförmige Zeichnung, von der ich indessen noch nicht genau ermitteln konnte, woher sie rührt.

Fig. 55.



1:400

Fig. 56.



1:400

Fig. 57.

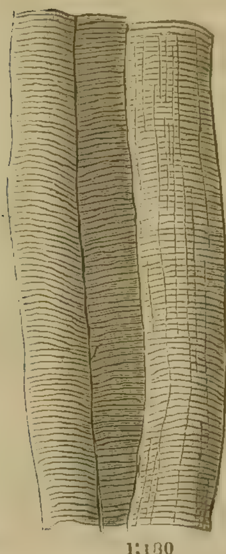


1:1450

Die quergestreiften Muskelfasern (Fig. 58 u. 59, a. f. S.) welche man von dem Rinde oder dem Schweine nehmen kann, bilden für die Objectivsysteme der zweiten Classe das vorzüglichste Probeobject, welches ich kenne. Nur die besten Systeme dieser Classe gewähren ein Bild, welches die gesammten Structurverhältnisse mit der erforderlichen Klarheit und Schärfe erkennen lässt. Die Structur der Primitivfibrillen bedarf

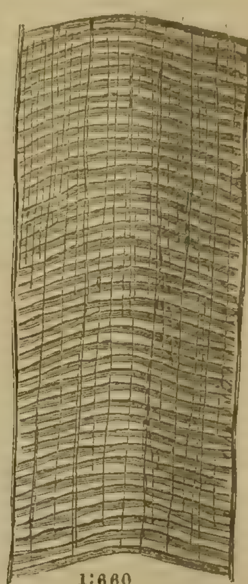
zu ihrer genügenden Erkenntniss ein sehr gut begrenzendes System der dritten Classe, indem durch weniger vollkommene Systeme Bilder erzeugt werden, welche leicht zu falschen Anschauungen verleiten. So halte ich z. B. die Zeichnungen, welche dieselben perlenschnurartig darstellen, ebenso diejenigen von Carpenter (The microscop and its revelations, pag. 663), und Quekett (On the microscop, Fig. 284) für entschieden falsch, während diejenigen von Griffith (in dem Micrographie Dictionary) offenbar der Wirklichkeit mehr entsprechen.

Fig. 58.



1:180

Fig. 59.



1:660

Fig. 60.



1:1450

Die Schleim- oder Speichelkörperchen (Fig. 60), welche man leicht erhält, wenn man mit einem Scalpelle oder sonstigem nicht ganz scharfen Messerchen an dem Zahnfleisch, der Innenseite der Wangen oder über den Rücken der Zunge hinstreicht, gewähren ein sehr schönes Object für das Begrenzungsvermögen der stärkeren und stärksten Systeme. Es kommt dabei hauptsächlich auf die scharfe Begrenzung im Allgemeinen sowohl, als namentlich des Kernes und der kleinen, weissen, in Molecularbewegung befindlichen Inhaltskörperchen an, welche nur mit recht guten Systemen in genügender Weise erkannt werden können.

Probeobjecte für das Auflösungsvermögen. — Als Probeobjecte für das Auflösungsvermögen dienen vorzugsweise:

Die Nobert'sche Probeplatte, Schüppchen von den Flügeln verschiedener Insekten und Kieselschalen aus den Diatomeengattungen, Navicula, Pleurosigma, Nitzschia u. A., endlich die schon erwähnten Bildchen eines Drahtnetzes.

Nobert's Probeplatte. — Die Probeplatte von Nobert (Barth in Pommern) besteht aus 10, 15, 20 oder 30, die neueste aus 19 Gruppen oder Bändern, in denen feine parallele Linien derart gezogen sind, dass sie in der ersten Gruppe am weitesten von einander entfernt und am stärksten, in der letzten am meisten einander genähert und am feinsten sind,

so dass sämmtliche Gruppen in Bezug auf die Schwierigkeit ihrer Auflösbarkeit in einzelne Linien eine annähernd regelmässig aufsteigende Reihe bilden. Man besitzt in derselben also, wenn sie eine genügende Anzahl solcher Bänder enthält, ein für alle Fälle ausreichendes Probeobject. Die Probeplatte bietet offenbar die meiste Zuverlässigkeit unter allen Objecten, sobald es darauf ankommt, genau vergleichbare und maassgebende Resultate zu erhalten, und es kann dieselbe wohl von keiner Reihe der natürlichen Probeobjecte ganz erreicht werden, sowohl in Bezug auf die Gleichförmigkeit verschiedener Exemplare als auch auf den stetigen Fortschritt in der Schwierigkeit der Lösbarkeit. Zwar trifft man auch bei ihr immer auf kleine Differenzen in der Stärke der einzelnen Linien und Liniengruppen, solche aber können einmal bei so höchst feinen Theilungen bis jetzt nicht vermieden werden. Namentlich sind in den höheren Gruppen der umfangreicheren Platten nicht alle Linien ganz gleichmässig ausgefallen und man begegnet immer einzelnen, welche die übrigen an Stärke übertreffen und demzufolge leichter gesehen werden können als diese, was namentlich bei centraler Beleuchtung sehr entschieden hervortritt, in minderem Grade dagegen sich bei schiefem Lichte geltend macht. Ueber den Grund dieser Ungleichheiten kann ich nichts Bestimmtes angeben, da mir nicht bekannt ist, durch welches Mittel Nobert diese feinen Linien auf dem Glase hervorruft, von denen manche Mikroskopiker glauben, dass sie mittelst des Diamantes eingerissen, andere, dass sie mittelst Flusssäure geätzt seien. Im Grunde ist es auch einerlei, wie die Linien hervorgebracht und wodurch die kleinen Unregelmässigkeiten veranlasst sind. Sie sind einmal da und die Hauptsache ist und bleibt ihr Einfluss auf den Werth der Platte als Vergleichungsobject. Dieser Einfluss machte sich allerdings bei den älteren Platten in einer Weise geltend, dass Mohl zu den gemachten Ausstellungen ganz berechtigt war. Er rührte indessen fast weniger von der Verschiedenheit in einzelnen Linien, als vielmehr von dem mehrfach geänderten Theilungsprincipe Nobert's und von der Feinheit der Linien je einer ganzen Platte her. In der neueren Zeit scheint indessen Nobert einen festen Eintheilungsgrund angenommen zu haben und die in den aus den letzten Jahren herrührenden Platten vorkommenden Unterschiede sind nach den Mittheilungen Pohl's, welcher eine Anzahl von Platten genau geprüft hat (Ueber mikroskopische Probeobjecte etc., Wien 1860), nicht so erheblich, dass sie die erhaltenen Resultate wesentlich beeinträchtigen könnten.

Da ich mich bestrebt habe, die in dem Folgenden näher beschriebenen natürlichen Probeobjecte durch Vergleichung mit einer der neuesten Nobert'schen Probeplatten von 30 Gruppen in eine Reihe zu bringen, welche in ihren einzelnen Gliedern annäherungsweise den Liniengruppen

---

*) Dasselbe rühmt Max Schultze (Archiv für mikroskopische Anatomie, Bd. I., Hft. 3 und 4) auch von den neuesten Platten mit 19 Gruppen.

letzterer entspricht, so wird es nicht unangemessen sein, dieselbe etwas näher zu beschreiben.

Diese Platte wurde im Jahre 1860 ausgeführt, hat ein so dünnes Deckglas, dass sie für alle mir bekannten Objectivsysteme verwendbar ist, und trägt die von Nobert mit dem Diamant eingeritzte Inschrift:

Test-Object

$$\frac{1'''}{1000} - \frac{1'''}{8000}$$

dann folgende Distanzangaben:

1 Dr.	=	0''',001 000	15 Dr.	=	0''',000 200
5 „	=	0, 000 550	20 „	=	0, 000 167
10 „	=	0, 000 275	25 „	=	0, 000 143

30 Dr. = 0''',000 125.

Sie enthält 30 Bänder, von denen immer je fünf wieder zu einer grösseren Gruppe vereinigt sind, indem sie durch einen weiteren Zwischenraum voneinander geschieden werden, als dieses bei den einzelnen Bändern der Fall ist. Hierdurch wird die Uebersicht in hohem Grade erleichtert und ein Irrthum in der Zählung der Bänder vermieden. Die Breite der einzelnen Bänder ist durch die ganze Platte fast gleich und beträgt nach meinen in der Mitte derselben vorgenommenen Messungen im Durchschnitt $0{,}013585$ bis $0{,}012877^{mm}$. Berechnet man die Summe der Linienabstände, wie sie Nobert für die einzelnen Gruppen angegeben hat, so ergibt sich dieselbe für

Gruppe 1 = $0{,}0135^{mm}$
„ 5 = $0{,}0136^{mm}$
„ 10 = $0{,}0130^{mm}$
„ 30 = $0{,}0127^{mm}$,

also annähernd die oben gefundenen Werthe.

Die Abstände der Linien in den aufeinanderfolgenden Gruppen sind nach Nobert's Angaben in Theilen der Pariser Linien, nach vorgenommener Umrechnung in Theilen des Millimeters ausgedrückt, folgende:

Gruppe.	Entfernung der Linien nach Nobert.	Entfernung der Linien in Theilen des Millimeters.	Anzahl der Linien in einer Gruppe.
1.	0,001 000$^{p.'''}$	0,002 256^{mm}	7
2.	0,000 850	0,001 917	8
3.	0,000 730	0,001 647	9
4.	0,000 620	0,001 399	10
5.	0,000 550	0,001 240	12
	0,000 480	0,001 082	13
7.	0,000 400	0,000 902	15
8.	0,000 350	0,000 789	17
9.	0,000 300	0,000 677	20
10.	0,000 275	0,000 620	22
11.	0,000 250	0,000 591	24
12.	0,000 238	0,000 566	25
13.	0,000 225	0,000 533	26
14.	0,000 213	0,000 508	28
15.	0,000 200	0,000 451	29
16.	0,000 192	0,000 433	30
17.	0,000 185	0,000 417	31
18.	0,000 178	0,000 401	32
19.	0,000 172	0,000 388	33
20.	0,000 167	0,000 376	34
21.	0,000 162	0,000 365	36
22.	0,000 157	0,000 354	37
23.	0,000 152	0,000 342	38
24.	0,000 147	0,000 331	40
25.	0,000 143	0,000 322	41
26.	0,000 139	0,000 313	42
27.	0,000 135	0,000 304	43
28.	0,000 131	0,000 295	44*
29.	0,000 128	0,000 288	45*
30.	0,000 125	0,000 282	46*

Zum Behufe der leichten Vergleichung der einzelnen Gruppen mit den Gliedern der aus den natürlichen Probeobjecten gebildeten Reihe habe ich die Anzahl der Linien bestimmt, welche in jeder der ersteren

*) Die mit * bezeichneten Zahlen sind nicht mit Sicherheit festgestellt.

auf 0,01mm gehen. Dabei sind indessen nur die Linien der 1sten bis 27sten Gruppe einer wirklichen Zählung mittelst des Spitzenoculares unterworfen, die der übrigen durch Rechnung interpolirt worden, da ich in Uebereinstimmung mit meinen Zählungen in der 1. bis 27. Gruppe fand, dass die Anzahl der Linien, welche auf 0,01mm kommen, nahezu im umgekehrten Verhältnisse ihrer gegenseitigen Entfernung stehen.

Die Resultate, welche auf diese Weise erhalten wurden, sind in folgender Tafel zusammengestellt, wobei ich, um möglichst ganze Zahlen zu erhalten, alle Bruchtheile über 0,5 zu der nächst höheren, alle unter 0,5 zu der nächst niedrigen Zahl zog. Nur in der ersten Gruppe durfte ich den Bruchtheil nicht vernachlässigen.

Es gehen auf 0,01mm:

In Gruppe	I. . .	5,5	Linien.	In Gruppe	XVI. . .	22	Linien
„	II. . .	6	„	„	XVII. . .	23	„
„	III. . .	7	„	„	XVIII. . .	24	„
„	IV. . .	8	„	„	XIX. . .	25	„
„	V. . .	9	„	„	XX. . .	26	„
„	VI. . .	10	„	„	XXI. . .	27	„
„	VII. . .	11	„	„	XXII. . .	28	„
„	VIII. . .	13	„	„	XXIII. . .	29	„
„	IX. . .	15	„	„	XXIV. . .	30	„
„	X. . .	16	„	„	XXV. . .	31	„
„	XI. . .	17	„	„	XXVI. . .	32	„
„	XII. . .	18	„	„	XXVII. . .	33	„
„	XIII. . .	19	„	„	XXVIII. . .	34	„
„	XIV. . .	20	„	„	XXIX. . .	35	„
„	XV. . .	21	„	„	XXX. . .	36	„

Ausser dieser Platte verfertigt Nobert auf Verlangen auch noch solche mit 10, 15 oder 20 Gruppen, welche mit der ersteren in den gleichnamigen Gruppen, sowohl in Betreff der Linienabstände als auch der Feinheit der Linien vollkommene Uebereinstimmung zeigen *). Die Platte mit 10 Gruppen reicht wohl kaum mehr vollständig zur Prüfung selbst der mittleren Mikroskope aus; dagegen können diejenigen mit 15 und 20 Gruppen überall da für ausreichend erklärt werden, wo nicht die stärksten und vollkommensten Objectivsysteme der neueren Zeit geprüft

*) Die neueste Platte von 19 Gruppen, welche ich nicht selbst kenne, ist nach einem anderen Principe getheilt. Die Linienabstände der einzelnen Gruppen bilden darin folgende absteigende Reihe:

I. $^1/_{1000}$‴ Par.
II. $^1/_{1500}$‴ „
III. $^1/_{2000}$‴ „
. .
. .
. .
XIX. $^1/_{10000}$‴ „

werden sollen. Auch die von Nobert ursprünglich zur Ermittelung der Wellenlänge des Lichtes in Luft und Glas bestimmten Platten lassen sich recht gut zur Prüfung der Mikroskope verwenden. Solche sogenannte Wellenplatten aus der neueren Zeit enthalten (nach Pohl) 12 Liniensysteme, von denen das erste mit einer Liniendistanz von 0,000350 Pariser Linien der achten, das letzte mit einer Distanz von 0,000125‴ aber der letzten Gruppe der oben beschriebenen Platte entspricht. Das Verhältniss der übrigen Gruppen beider Objecte enthält nachfolgende Tafel, welche ich dem Schriftchen Pohl's entnommen habe:

Wellenplatte.	Probeplatte.
Gruppe I.	Gruppe VIII.
„ II.	„ IX.
„ III.	„ X.
„ IV.	„ XI.
„ V.	„ XIII.
„ VI.	„ XV
„ VII.	„ XVII.
„ VIII.	„ XIX.
„ IX.	„ XXI.
„ X.	„ XXIII.
„ XI.	„ XXVI.
„ XII.	„ XXX.

Bei dem Gebrauche der Nobert'schen Probeplatte hat man selbstverständlich sämmtliche Vorsichtsmaassregeln zu beachten, welche bei so schwierigen Untersuchungen überhaupt in Anwendung kommen müssen. Die Construction des Objectes macht aber ausserdem besondere Vorsicht nothwendig. Vor Allem hat man sorgfältig darauf zu achten, dass eine bestimmte Gruppe nur dann als wirklich gelöst angesehen wird, wenn alle Linien deutlich von einander getrennt erscheinen und nicht etwa dann, wenn man in derselben eine mehr oder minder deutliche Streifung wahrnimmt. Eine solche Streifung tritt namentlich bei den höheren Gruppen leicht hervor, indem die gröberen Linien, von denen vorher die Rede war, leichter gesehen werden und so eine Täuschung veranlassen können. Hier hilft nur die allergenaueste Einstellung und die sorgfältigste Durchmusterung der betreffenden Gruppe, um seiner Sache gewiss zu werden. So sehe ich z. B. mit einem Objectivsysteme, welches die 20. Gruppe deutlich löst, in noch weit höheren, z. B. in der 25. und 26. Gruppe die stärkeren Streifen und den Zwischenraum mit Längsstreifen schattirt, ohne dass aber die einzelnen Linien mit der erforderlichen Klarheit hervortreten.

Insektenschüppchen. — Die Schüppchen von dem Körper mancher Insekten sowie von den Flügeln gewisser Schmetterlinge eignen sich vorzugsweise zur Prüfung solcher Mikroskope, deren Objectivsysteme der

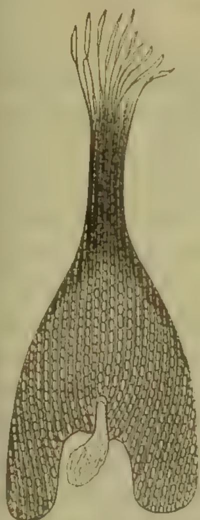
ersten und zweiten Classe angehören. Für die stärkeren dieser Systeme sollten sie in eine passende Flüssigkeit eingelegt sein, wodurch ihre Lösbarkeit etwas an Schwierigkeit zunimmt.

Das Detail, worauf es bei diesen Objecten ankommt, bilden die auf ihrer Oberfläche vorkommenden Längs- und Querstreifen, von denen die ersteren, am weitesten von einander entfernten und am stärksten markirten für die schwächeren Systeme, die letzteren, weit mehr einander genäherten und feiner gezeichneten aber für die stärkeren Systeme gebraucht werden können.

Die Längsstreifen werden durch Erhebungen der Oberfläche gebildet, zwischen denen muldenförmige Vertiefungen verlaufen, so dass die Schüppchen auf dem Querschnitte ein wellenförmiges Ansehen gewinnen. Sie erscheinen bei schwächeren Vergrösserungen und namentlich bei schiefem Lichte, welches senkrecht zu ihrer Längenachse einfällt, scharf von zwei Linien begrenzt. Bei stärkeren Vergrösserungen dagegen und centraler Beleuchtung nehmen sie unter einem gut definirenden Objectivsysteme ein gezähntes Aussehen an, indem dann die in gleicher Ebene liegenden und mit ihnen zugleich im Focus befindlichen Theile der Querstreifen mit zur Anschauung gelangen, wodurch sie an diesen Stellen etwas verdickt erscheinen. Bei den schwächeren Vergrösserungen können diese Structurverhältnisse eben ihrer Zartheit halber kaum die Schärfe der Grenzlinien moderiren. Bei schiefer Beleuchtung werden sie selbst mittelst stärkerer Systeme deshalb übersehen, weil die von den Längsstreifen geworfenen scheinbaren Schatten die Zeichnung zu sehr überdecken. Hierauf beruhen denn auch die auseinandergehenden Ansichten, welche von verschiedenen Mikroskopikern über die wahre Beschaffenheit dieser Längsstreifen aufgestellt wurden. So behauptet z. B. Brewster (Treatise on the microscope), dass die Querstreifen gar nicht existirten, sondern dass die Längsstreifen mit kleinen Zähnchen besetzt seien. Chevalier (Les microscopes etc.) beschreibt die Schüppchen von Pieris brassicae als mit Längsstreifen besetzt, welche aus kleinen nahe beieinanderstehenden Kügelchen gebildet würden, und hält die Sichtbarmachung dieser Kügelchen für den wahren Prüfstein für die Güte eines Objectivsystemes. Einige englische Mikrographen stimmen dem bei, andere, z. B. Goring, dann unter den Deutschen H. v. Mohl, widersprechen und behaupten das Vorhandensein von scharf begrenzten Längs- und Querstreifen, und es hält letzterer die Chevalier'sche Beschreibung jenes Probeobjectes für ein schlechtes Zeugniss, das er seinen Mikroskopen ausgestellt habe. Brewster ist nur theilweise mit seiner Behauptung im Rechte, da er die Querstreifen gänzlich übersehen oder vielmehr nicht gesehen hat; Chevalier aber hat entschieden Recht. Ich habe denselben Gegenstand neuerlich mit verschiedenen der besten Objectivsysteme der neuesten Zeit untersucht und denselben den Chevalier'schen Angaben entsprechend gebildet gefunden. Die bekannten herzförmigen Schüppchen von Pieris brassicae (Fig. 61 und 62) sind nämlich über ihre

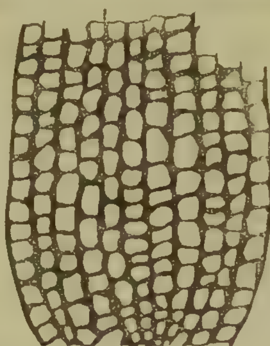
ganze Oberfläche, sowohl auf den Längsstreifen als in den Zwischenräumen, mit sehr kleinen, unregelmässig eckigen bis rundlichen Körperchen besetzt, wodurch unter gewissen Beleuchtungsverhältnissen die Ansicht von Querstreifen hervorgerufen wird, welche zwischen und neben den Längsstreifen verlaufen, während sie, bei gerader Beleuchtung durch gut begrenzende Objectivsysteme gesehen, in der von Chevalier gezeichneten Weise erscheinen.

Fig. 61.



1 : 370
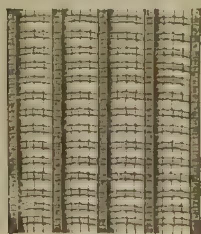
Fig. 62.



1 : 1450

Die Querstreifen verlaufen bei den meisten Schüppchen in senkrechter, bei anderen in schiefer Richtung zu der Achse der Längsstreifen, sowohl über die Kuppen dieser als über die Zwischenräume, ohne von ersteren unterbrochen zu werden. Bei derjenigen Einstellung des Mikroskopes indessen, welche man gewöhnlich wählt, um die Querstreifen innerhalb der Zwischenräume mit Bestimmtheit zu sehen, entgeht dieses Verhalten leicht der Beobachtung. Nur bei einer gewissen mittleren Einstellungsweise tritt dasselbe deutlich hervor. Die Querstreifen sind nun nicht ähnliche Erhebungen wie die Längsstreifen, sondern bilden vielmehr die vertieften Stellen zwischen den mehr oder minder regelmässig viereckigen bis rundlichen Körperchen, welche in der Regel zwischen je zwei von jenen in vier Längsreihen stehen. Hierdurch erscheinen zwischen den stärkeren Längsstreifen drei sehr zarte, welche bei weitem schwieriger zu sehen sind, als die Querstreifen, und daher als Prüfsteine für die stärksten Objectivsysteme dienen können. Ueberhaupt gehören die besten Objectivsysteme mit grossem Auflösungsvermögen sowohl, als mit guter Begrenzung und möglichst vollkommener Correction der chromatischen Aberration dazu, um diese Structur, wie sie in der nebenstehenden Zeichnung eines Schüppchens von Hipparchia Janira (Fig. 63) dargestellt ist, zu erkennen. Bruno Hasert hat diese Structur schon 1847 aufgespürt und dieselbe seitdem näher beleuchtet (Amtlicher Bericht über die 34. Versammlung deutscher Naturforscher und Aerzte zu Carlsruhe, Seite 212). Auf seine Anregung in brieflicher Mittheilung habe ich dieselbe ebenfalls einer näheren Untersuchung mittelst meiner stärksten Objectivsysteme unterworfen und mich auf das Bestimmteste von der Richtigkeit seiner Darstellung überzeugt. Damit war denn auch ein fester Anhaltspunkt dafür gewon-

Fig. 63.



1 : 1920

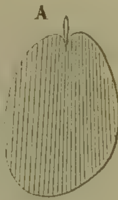
nen, wie diese Querstreifen durch gute Instrumente gesehen werden müssen. Ebenso erklären sich daraus die diagonalen Streifen, welche man bei gewissen Beleuchtungsverhältnissen mittelst starker Objectivsysteme auf den Schüppchen wahrnimmt. Beobachtet man die Querstreifen mittelst einer 300- bis 500fachen Vergrösserung bei gerade einfallendem Lichte, so erscheinen sie wie gezähnt, müssen dabei aber scharf begrenzt sein. Bei noch stärkeren Vergrösserungen treten alsdann auch die einzelnen Körperchen mit deutlicher, zarter Begrenzung hervor, sobald das betreffende Objectivsystem in sphärischer Beziehung hinreichend vollkommen verbessert ist. Schiefe Beleuchtung ist dagegen im Stande, bei den ersteren Vergrösserungen die wahre Structur zu verdunkeln und man gewahrt scharf markirte, linienähnliche Querstreifen, wie sie bisher von den meisten Mikroskopikern gefordert wurden, welche sich einmal daran gewöhnt hatten, bei solchen Prüfungen mit excentrisch gestelltem Spiegel zu arbeiten. Auch solche Objectivsysteme, welche bei nicht im höchsten Grade vollendetem Begrenzungsvermögen unvollkommene Correctur der chromatischen Abweichung besitzen, können selbst bei sehr hohen Vergrösserungen jenes Bild veranlassen. Daher rühren denn auch die Vorwürfe, welche man einzelnen als vortrefflich bekannten Objectivsystemen machte, welche die Querstreifen der Hipparchiaschuppen gezahnt zeigten. Wir werden im Gegentheil eine solche Zeichnung, wenn sie bei centraler Beleuchtung sonst scharf und bestimmt erscheint, als ein Zeugniss für die Güte eines Objectivsystemes nehmen müssen, während ein solches, welches dieselbe nicht zur Anschauung bringt, einen Mangel an Begrenzungsvermögen verräth. Die diagonalen Linien treten namentlich dann hervor, wenn schiefes Licht unter einem Winkel von 30 bis 60° auf die Längsstreifen trifft, während die zarten Längslinien dann am deutlichsten werden, wenn das schiefe Licht senkrecht gegen die Längenachse einfällt. In Bezug auf die Sichtbarkeit der beiden letztgenannten Liniensysteme kommen die Schmetterlingsschuppen den schwierigeren Probeobjecten aus der Familie der Diatomaceen fast gleich, ohne indess eine genügend vollständige Vergleichungsreihe darzubieten.

Nach diesen allgemeinen Bemerkungen gehe ich zur Schilderung derjenigen Schüppchen über, welche ich zur Prüfung der oben bezeichneten Instrumente für am geeignetsten halte. Dieselben würden der Zahl der Streifen nach, welche auf $0{,}01^{mm}$ gehen, etwa der 1. bis 9. Gruppe der Nobert'schen Platte entsprechen, stehen aber, trocken eingelegt, in der That etwas niedriger, da die Streifen dunkler und daher leichter zu sehen sind, als die einzelnen Linien auf jener. In Flüssigkeit eingelegt stellt sich dagegen annähernde Gleichheit heraus.

Die Schüppchen, welche den ganzen Körper von Lepisma saccharina, einem unter Leinen, Papier und Zucker, sowie an feuchten Brettern oft in zahlloser Menge auftretenden, kleinen Insekte aus der Ordnung der Flügellosen, bedecken und dessen perlmutterartigen Glanz hervorrufen, sind von zweierlei Art. Die grösseren (Fig. 64 u. 65) sind läng-

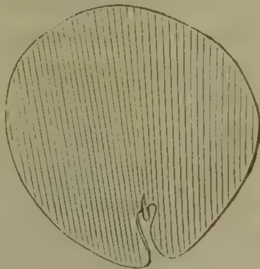
lichrund bis keilförmig und enthalten auf 0,01^{mm} 4 bis 5 Längsstreifen, welche zwar schon bei einer schwachen, etwa 20- bis 30maligen Vergrösserung gesehen werden können, aber der Durchsichtigkeit des Ob-

Fig. 64.



1:75

Fig. 66.



1:400

Fig. 65.



1:400

jectes und der scharfen Zeichnung der Streifen halber ein ganz gutes Probeobject für die schwächsten Objective darbieten, namentlich wenn man auch die Schärfe und Klarheit des Bildes richtig beachtet. Die kleineren (Fig. 66), sind fast kreisrund, sehr durchsichtig, enthalten 7 bis 8 Längsstreifen auf 0,01^{mm} und sind sehr geeignet zur Prüfung etwa 100-facher Vergrösserungen.

Hipparchia Janira ist ein fast überall in unserem Vaterlande gemeiner Wiesenschmetterling, der namentlich während der Monate Juli und August fliegt, zu welcher Zeit man ihn sich leicht verschaffen kann. Als Probeobject dienen vorzugsweise die hellgefärbten Schuppen von den Flügeln des Weibchens (Fig. 67), welches sich von dem Männchen leicht durch seine Grösse, sowie durch ein grösseres okergelbes bis rothes Feld unterscheidet, in welchem der Augenfleck steht. Die Längsstreifen, von denen 4 bis 5 auf 0,01^{mm} kommen, sind etwa von gleicher Schwierigkeit, wie die auf den grösseren Schüppchen von Lepisma saccharina. Von den Querstreifen gehen 10 bis 12 auf 0,01^{mm} und können zur Prüfung von 200- bis 300fachen Vergrösserungen dienen. Bei diesen schwächeren Ver-

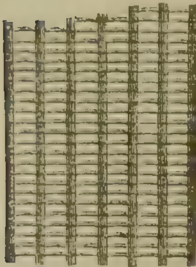
Fig. 67.



1:370
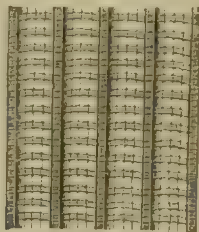
grösserungen (Fig. 67) sowie bei senkrecht gegen sie einfallendem schiefen Lichte erscheinen dieselben als scharfe Linien (Fig. 68). Betrachtet man die Schüppchen aber mittelst stärkerer Objectivsysteme, so stellen sich die Querstreifen, welche sowohl über die erhabenen Längslinien als über die Zwischenräume verlaufen, wie gezähnt dar (Fig. 69) und man erkennt, wie dieselben von parallelen Reihen kleiner, viereckiger, an den Ecken mehr oder weniger abgerundeter erhabener Körperchen gebildet werden. Entsprechend auffallendes schiefes Licht bringt die zarten Längsstreifen oder auch diagonalen Streifen zur Anschauung.

Fig. 68.



1:1450

Fig. 69.



1:1920

Lycaena Argus ist ebenfalls einer unserer gewöhnlichsten Schmetterlinge, der vorzugsweise in den späteren Sommermonaten auf trockenen Wiesen und Waldplätzen fliegt. Das Männchen ist dunkelblau mit schwarzen Streifen und weissem Saume, das Weibchen braun. Als Probeobject nimmt man die Schüppchen von der Oberseite der Flügel des Männchens. Dieselben sind dreierlei Art. Die schon früher beschriebenen, sogenannten getüpfelten Schüppchen interessiren uns hier nicht, sondern lediglich die zwei Arten mit Streifen. Die einen davon (Fig. 70 und 71), welche Bruchstücke eines Schüppchens darstellen, sind bei auffallendem Lichte blau, bei durchgehendem citronengelb gefärbt; die anderen erscheinen bei auffallendem Lichte braun, bei durchgehendem dunkelgraubraun. Beide haben auf dem Raume von $0{,}01^{mm}$ 6 bis 7 Längsstreifen, die sich sehr gut zur Prüfung schwächerer, 50- bis 100facher Vergrösserungen eignen. Die Querstreifen auf den dunkleren Schuppen, von denen 11 bis 12 auf $0{,}01^{mm}$ gehen, sind etwas schwieriger sichtbar zu machen, als diejenigen von Hipparchia Janira. Diejenigen auf den helleren sind, obgleich sie etwas weiter voneinander stehen, so dass 7 bis 9 auf $0{,}01^{mm}$ kommen, ihrer schwachen Zeichnung und der grossen Durchsichtigkeit der Schüppchen halber noch etwas schwerer zu sehen und verlangen schon eine gute Vergrösserung von 250- bis 300fach im Durchmesser.

Fig. 70.



1 : 500.

Fig. 71.

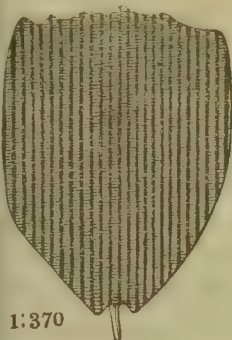


1 : 1450.

Ein noch etwas schwierigeres Object bieten die braunen (Fig. 72 und 73) und namentlich die gelben, sehr durchsichtigen, denen der vorigen Art ähnlichen Schüppchen von Lycaena Alexis, welcher etwa zu

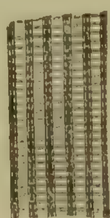
gleicher Zeit mit dem vorigen fliegt und namentlich auf mit Klee oder Luzerne bestellten Feldern zu finden ist. Von Lyc. Argus unterscheidet sich derselbe leicht durch seine himmelblaue Färbung mit röthlichem Schimmer. Die Querstreifen stehen weit dichter als bei den vorhergehenden, auf den dunklen Schüppchen 14 bis 15, auf den lichten 10 bis 11 auf 0,01^{mm}, und bilden ein gutes Probeobject für etwa 200 bis 300-fache Vergrösserungen.

Fig. 72.



1:370

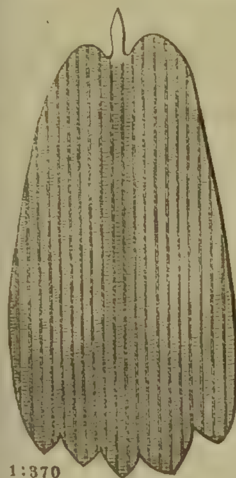
Fig. 73.



1:1450

Das schwierigste mir bis jetzt bekannte Probeobject dieser Classe liefern die hellen, bei durchfallendem Lichte gelbgrauen Schüppchen auf der Oberseite der Vorderflügel von Leucania Comma (Fig. 74). Dieser Schmetterling von gelblichbrauner bis braungrauer Farbe erscheint in manchen Gegenden häufig im Juli und August auf feuchten, mit Sauerampfer bewachsenen Wiesen und ist leicht an der eigenthümlichen von der Wurzel der Vorderflügel bis zu deren Mitte verlaufenden Zeichnung, welche ihm seinen Namen gegeben hat, zu erkennen. Die Querstreifen stehen zu 14 bis 15 auf 0,01^{mm}, kommen in Bezug auf die Schwierigkeit der Sichtbarmachung etwa denen von Pleurosigma balticum gleich und bilden, wenn die Schüppchen in Balsam liegen, ein für die Systeme der zweiten Classe ausreichendes Object.

Fig. 74.



1:370

Diatomaceenschalen. — Die Kieselschalen der Diatomaceen sind namentlich von England aus, wo sich eine namhafte Zahl von Mikroskopikern mit besonderer Vorliebe dem Studium ihrer Oberflächenbeschaffenheit widmeten, als Probeobjecte empfohlen worden. Im Allgemeinen sind sie in dieser Beziehung den Insektenschuppen weit vorzuziehen, da sie, gehörig zubereitet, einestheils weit durchsichtigere Objecte bilden, auf denen die entsprechenden Zeichnungen mit mehr Bestimmtheit und Schärfe hervortreten, anderntheils letztere gerade auch viel gleichmässiger sind, als auf jenen. Auch hat man unter den verschiedenen Objecten dieser Classe einen grösseren Spielraum, indem dieselben eine Reihe Probeobjecte liefern, welche von den schwächsten Systemen an durch alle Zwischenstufen hindurch bis zu den stärksten und vollkommensten ausreichen.

Die Zeichnungen, welche zu unserem Zwecke vorzugsweise Berücksichtigung verdienen, bilden entweder scheinbare Längs- und Querlinien, welche sich unter rechten Winkeln kreuzen, oder es sind zwei bis drei

sich unter schiefen Winkeln schneidende scheinbare Liniensysteme vorhanden.

Ueber die wahre Beschaffenheit dieser Linien- oder Streifensysteme der feiner gezeichneten Arten herrschen ähnliche Meinungsverschiedenheiten wie jene, welchen wir bei den Schmetterlingsschuppen begegnen. Nach der einen Ansicht, welche zugleich die ältere ist und neuerdings namentlich von Reinicke (Beiträge zur neueren Mikroskopie, 1. u. 2. Heft. Dresden 1858 u. 1860) und, wie ich aus mündlichen Mittheilungen entnommen, auch von Schacht vertreten wird, sind die vorhandenen Zeichnungen durch sich kreuzende Liniensysteme hervorgerufen, welche verschiedenen Verdickungsschichten der Kieselschale angehören sollen. Nach der anderen dagegen sind die Liniensysteme nur scheinbar und werden durch nahe aneinander gerückte kleine, erhabene Kieselkörperchen hervorgebracht, indem bei der benutzten schiefen Beleuchtung die Schatten derselben ineinanderfliessen und den wahren Sachverhalt verdecken. Letztere Ansicht wird namentlich von den englischen Mikrographen, von Harting, v. Mohl, Hasert u. A., vertheidigt. Eine dritte Ansicht endlich, welche durch Carpenter und neuerlichst auch durch M. Schultze in Bonn vertreten wird, lässt die scheinbaren Streifen durch erhabene polygonale Vertiefungen begrenzende Zwischenräume hervorgerufen werden. Während der Prüfung der ausgezeichnetsten neueren Objectivsysteme mittelst dieser Objecte habe ich mich gleichfalls eingehender mit diesen Zeichnungen beschäftigt und glaube in dieser Beziehung zu entscheidenden, der letzteren Ansicht günstigen Resultaten gelangt zu sein, welche in dem speciellen Theile dargelegt werden sollen, da sie uns hier zunächst nicht weiter interessiren.

Diejenigen Diatomaceen, welche ich als Probeobjecte für die verschiedenen Classen von Objectivsystemen vorzugsweise als passend erkannt habe, denen sich aber natürlich noch manche andere, gleichwerthige an die Seite stellen liessen, vertheilen sich unter die Gattungen: Pinnularia, Navicula, Pleurosigma, Grammatophora, Synedra, Nitzschia, Fragillaria, Surirella und Striatella.

Pinnularia nobilis (Ehrenberg), Fig. 75, enthält auf $0{,}01^{mm}$ 4 bis 5 starke Querstreifen, welche schon bei 20- bis 25facher Vergrös-

Fig. 75.



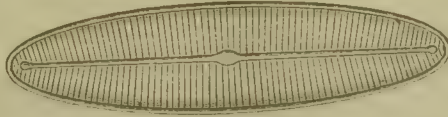
1 : 300.

serung zu sehen sind. Sie entspricht etwa der ersten Gruppe der Nobert'schen Probeplatte, so dass sie ein Probeobject für die Systeme von etwa 40 bis 20^{mm} Brennweite bildet. Dabei kommt natürlich vor-

zugsweise in Betracht, mit welcher Schärfe die einzelnen Linien hervortreten, da es wohl kaum zu erwarten ist, dass dieselbe nicht von allen Systemen dieser Classe gelöst wird.

Pinnularia viridis (Rabenhorst), Fig. 76, enthält auf 0,01^{mm} 7 bis 8 Querstreifen. Sie bildet ein Probeobject, welches etwa von der

Fig. 76.

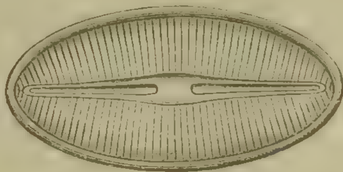


1 : 420.

dritten bis zur fünften Gruppe der Nobert'schen Tafel reicht und für die schwächeren Ocularvergrösserungen der Objectivsysteme von 20 bis 10^{mm} Brennweite geeignet ist.

Pinnularia elliptica (Rabenhorst), Fig. 77, welche sich häufig unter den beiden vorgenannten auch in Deutschland findet, entspricht

Fig. 77.



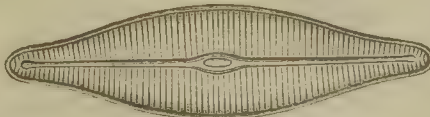
1 : 660.

etwa Gruppe VII. und hat 10 bis 11 Querstreifen auf 0,01^{mm}, deren scharfe Bestimmung schon ein Objectivsystem von etwa 7 bis 5^{mm} Brennweite erfordert.

Sämmtliche Pinnularien müssen in Balsam gelegt sein, wenn sie ihrer Stellung in Bezug auf die Nobert'sche Platte entsprechen sollen. Das Gleiche gilt von der zweiten der nachfolgenden Arten aus der Gattung Navicula.

Navicula veneta (Ktzg.), Fig. 78, mit 26 Querstreifen auf 0,01^{mm}, entspricht Gruppe XX. der Probetafel und gehört, selbst trocken liegend,

Fig. 78.



1 : 1550.

zu den schwierigeren Probeobjecten für die stärksten Systeme bei centraler Beleuchtung.

Noch schwieriger ist die unter dem Namen Navic la amici (fossil)

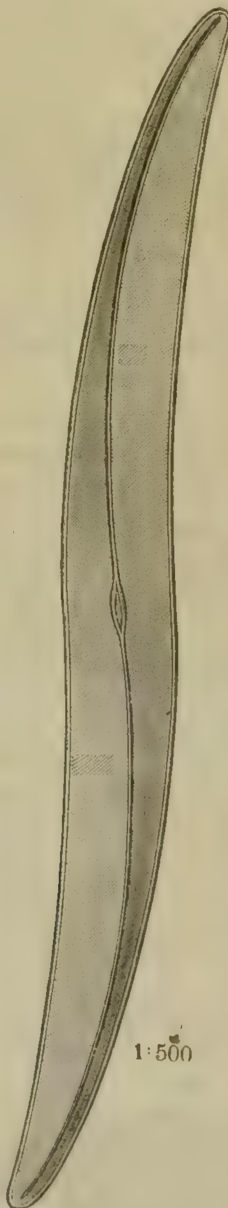
Fig. 79 und 80, bekannte Art, welche nach der letzten Londoner Industrieausstellung als Navicula affinis ausgegeben wurde, nach meiner eigenen Bestimmung eines von Bourgogné erhaltenen Exemplares aber keine andere als Navicula rhomboides ist. Dieselbe enthält neben stärkeren Längsstreifen *a*, von denen 22 bis 24 auf 0,01mm gehen, sehr zarte Querstreifen *b*, deren man auf gleichem Raum 28 bis 30 zählt. Sie entspricht Gruppe XXIII. bis XXV. und erfordert die Anwendung schiefen Lichtes zu ihrer Lösung.

Fig. 79.



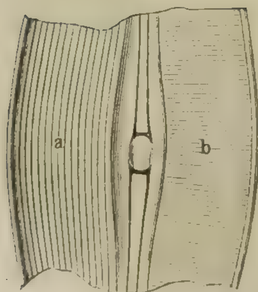
1 : 600.

Fig 81.



1 : 500

Fig. 80.



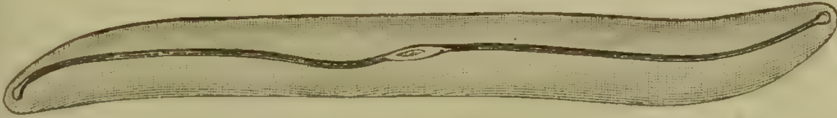
1 : 1550

Pleurosigma formosum, Fig. 81, zeichnet sich durch seine eigenthümlich geschwungene Mittelrippe und die mit ihrer Längsachse unter schiefem Winkel gegen sie gestellten länglich sechseckigen Körperchen aus. Dadurch entstehen zwei sich unter einem Winkel von 60 bis 80° kreuzende, den beiden schiefen Systemen von Pl. angulatum ähnliche Liniensysteme, von denen das eine stärker, das andere zarter gezeichnet ist. Die Anzahl der diagonalen Linien beträgt respective 11 bis 12 und 13 bis 14 auf 0,01mm. Diese Art verträgt ganz gut die Einlage in Balsam, ohne dass ihre Lösbarkeit bedeutend an Schwierigkeit zunimmt, indem selbst bei dieser Aufbewahrungsweise ihre Linien noch etwas leichter zu sehen sind, als diejenigen, der ihr in der Linienzahl entsprechenden achten Gruppe der Probeplatte.

Pleurosigma balticum, Fig. 82, enthält ziemlich starke Längs- und gleichstarke Querstreifen, von denen 14 bis 15 auf 0,01mm gehen, so dass es etwa der achten bis neunten Gruppe entsprechen würde. Bei

dieser und der folgenden Species lässt sich mittelst stärkerer Vergrösserungen leicht erkennen, wie die beiden Streifensysteme durch in die Länge

Fig. 82.



1 : 400.

gezogene, am Grunde symmetrisch sechsseitige Höckerchen (Fig. 84) gebildet werden, welche mit ihrer Längsachse senkrecht zur Mittellinie stehen.

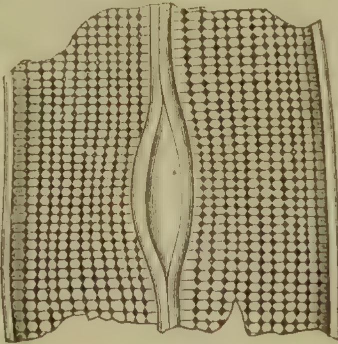
Pleurosigma attenuatum, Fig. 83 und 84, ist dem vorigen ganz ähnlich gezeichnet, nur sind die Längslinien schärfer und es stehen die etwa der X. Gruppe entsprechenden Querlinien etwas näher beisammen, so dass 16 bis 17 auf 0,01^{mm} kommen. In Balsam liegend, erscheint (wenigstens nach den in meinen Händen befindlichen Exemplaren), Pl. balticum nicht unbedeutend schwieriger, wie Pl. attenuatum, was, wenn nicht die Präparationsweise die Schuld daran trägt, wohl darin seinen Grund hat, dass die Oberflächenverschiedenheiten bei ersterer geringer sind, als bei letzterer.

Fig. 83.



1 : 400

Fig. 84.

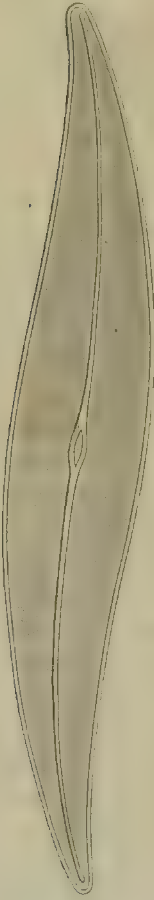


1 : 1280.

Pleurosigma angulatum, Fig. 85 und 86 (a. f. S.), wohl am weitesten als Probeobject verbreitet und bekannt, zeichnet sich durch die vollständig regelmässig-sechsseitigen Zeichnungen aus, welche dessen Schalen bedecken. Man sieht daher auf derselben drei in verschiedener Richtung verlaufende Liniensysteme, von denen das eine senkrecht zur Mittellinie, also quer verläuft, die beiden anderen sich unter einem Winkel von 50 bis 60° schneiden. Mittelst sehr vollkommener Systeme und bei günstiger centraler Beleuchtung erkennt man schon bei etwa 400- bis 500maliger Vergrösserung deutlich die sechsseitigen Zeichnungen (Vertiefungen und deren erhabene Ränder), und stärkere 1000- bis 1500fache klare Vergrösserungen gewähren bei centraler Beleuchtung die entschiedenste Ueberzeugung, dass die erwähnten Liniensysteme ihr Entstehen ihnen verdanken, nicht aber sie durch sich schneidende parallele Linien hervor-

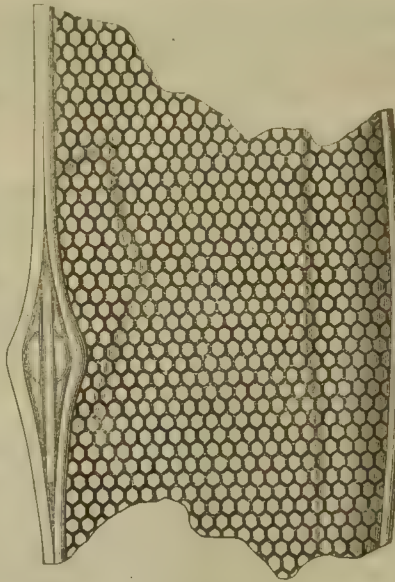
gerufene Scheinbilder sind. Die Begrenzung der Sechsecke ist dabei nach allen Seiten ganz gleich scharf und stark, was entschieden der Behauptung widerspricht, dass die drei Liniensysteme in verschiedenen Höhen lägen. Wendet man einseitig einfallendes, schiefes Licht an, so tritt, je nach der Lage der Kieselschalen gegen die Lichtstrahlen, das eine oder das andere der Liniensysteme besonders hervor. Die etwas weiter voneinander abstehenden Querlinien treten auf, wenn das schiefe Licht parallel mit der Längenachse einfällt. Um 90° gedreht, treten die beiden sich kreuzenden, enger gezogenen diagonalen Liniensysteme etwa mit gleicher Schärfe hervor, dagegen wird nur eines dieser scheinbaren Liniensysteme schärfer sichtbar, wenn die Längenachse der Schale etwa einen Winkel von 45° mit der Richtung der Lichtstrahlen bildet. Mittelst der stärksten Systeme beobachtet, wird man indessen auch bei schiefem Lichte die Linien nie anders erblicken, als es durch das Vorhandensein der Sechsecke bedingt ist, nämlich stellenweise verdickt und gebrochen.

Fig. 85.



1 : 500.

Fig. 86.



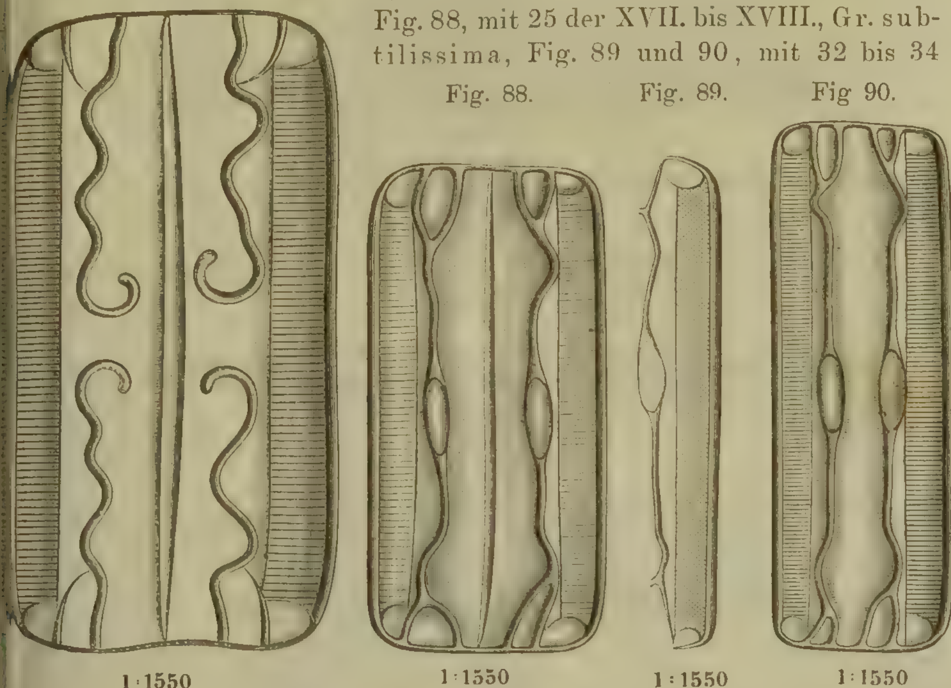
1 : 2800.

An diesem Pleurosigma, welches mit 22 bis 23 schiefen (18 bis 20 queren) Streifen auf $0{,}01^{mm}$ etwa der XV. bis XVII. Nobert'schen Gruppe entspricht, haben wir ein Probeobject, welches etwa die Grenze für das optische Vermögen der Systeme zweiter Classe bezeichnen dürfte. Nur die besten und stärksten Systeme dieser Classe lassen bei centralem Lichte und bei günstiger Beleuchtung die Zeichnung äusserst fein und zart erblicken, während sie bei schiefem Lichte stärker und bestimmter hervortritt. Die guten Systeme der dritten Classe dagegen sollen schon bei mässig guter Beleuchtung und geradem Lichte alles Detail genau erkennen lassen.

Pleurosigma angulatum muss, wenn es die der Entfernung seiner Streifen entsprechende Stelle in der allgemeinen Reihe der Probeobjecte einnehmen soll, trocken eingelegt sein, indem es durch Aufbewahrung in Canadabalsam sehr an Schwierigkeit zunimmt.

Ganz vortreffliche Probeobjecte für die mittleren, stärkeren und stärksten Systeme liefert die Gattung Grammatophora, deren Arten Gr. serpentina, Fig. 87, mit 20 bis 22 Querlinien auf 0,01mm etwa der XIV. bis XV., Gr. marina, Fig. 88, mit 25 der XVII. bis XVIII., Gr. subtilissima, Fig. 89 und 90, mit 32 bis 34

Fig. 87. Fig. 88. Fig. 89. Fig 90.



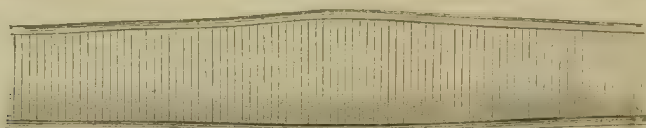
1:1550 1:1550 1:1550 1:1550

Querlinien aber den letzten zwanziger Gruppen der Nobert'schen Platte entspricht. Bei ersterer sieht man bei centraler Beleuchtung die Querstreifen schon recht gut mittelst vorzüglicher Vergrösserungen der Systeme von 5 bis 3mm Brennweite; auf der zweiten treten sie bei hellem Wolkenlichte sehr scharf bei den mir bekannten Wasserlinsen von Amici und namentlich von Hartnack hervor; um dagegen diejenigen der letzteren deutlich zu sehen, bedarf man schiefer Beleuchtung bei gutem Tageslichte. Bei allen drei Arten kommen neben den Querlinien auch sich schief durchkreuzende Linien wie bei Pl. angulatum vor (Fig. 89), die aber bei Gr. subtilissima äusserst schwierig zu sehen sind und zu ihrer Lösung bei sonst sehr günstiger Beleuchtung Anwendung gut regulirten schiefen Lichtes verlangen. Alle Exemplare der Grammatophoren, welche ich besitze, sind in Balsam eingelegt, und erscheint diese Art der Aufbewahrung für dieselben ganz geeignet, wie dies überhaupt bei mehreren Diatomaceen der Fall ist, deren Zeichnung dann bei der erlangten Durchsichtigkeit des ganzen Objectes oft fast schärfer und bestimmter hervortritt, als wenn sie trocken eingelegt sind.

Von den Synedra-Arten gewährt Synedra fulgens (Fig. 91) mit 17 bis 18 Streifen und etwa der XII. Gruppe nahe kommend für die mitt-

leren und stärkeren Systeme bei centraler Beleuchtung ein recht brauchbares Object.

Fig. 91.



1:1550

Mehrere sehr schöne Probeobjecte liefert auch die nahe verwandte Gattung Nitzschia.

Nitzschia linearis, Fig. 92 und 93, mit 28, und Nitzschia sig-

Fig. 92.



1:400

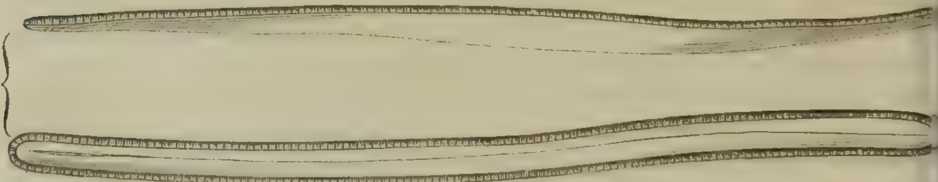
Fig. 93.



1:1550

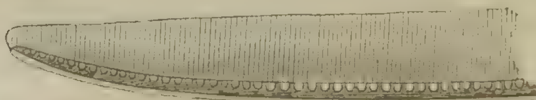
moidea, Fig. 94 u. 95 mit 30 feiner gezogenen Querstreifen auf 0,01^{mm}, von denen erstere etwa der XXI., letztere der XXIV. Nobert'schen Gruppe entspricht, gehören zu den schwierigeren Probeobjecten.

Fig. 94.



1 : 400.

Fig. 95.

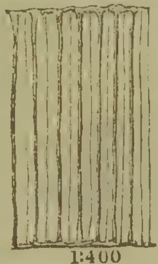


1 : 1550.

Fragillaria capucina, Fig. 96 und 97, mit 26 bis 28 Querstreifen auf 0,01^{mm}, entspricht etwa der XXII. Gruppe der Probeplatte

und bildet, in Balsam liegend, ein die beiden vorhergehenden an Schwierigkeit etwas üertreffendes, recht schönes Object für die stärksten Objectivsysteme bei schiefer Beleuchtung.

Fig. 96.



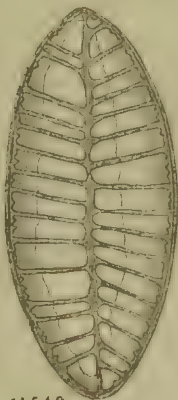
1:400

Fig. 97.



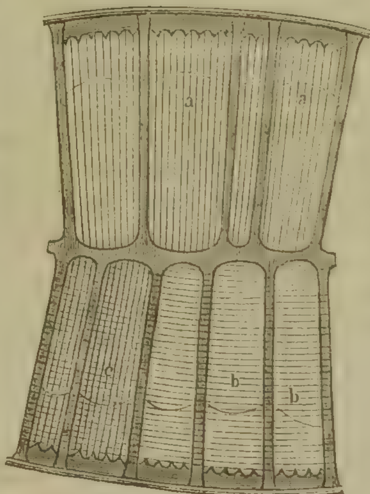
1 : 1250.

Fig. 98.



1:540

Fig. 99.

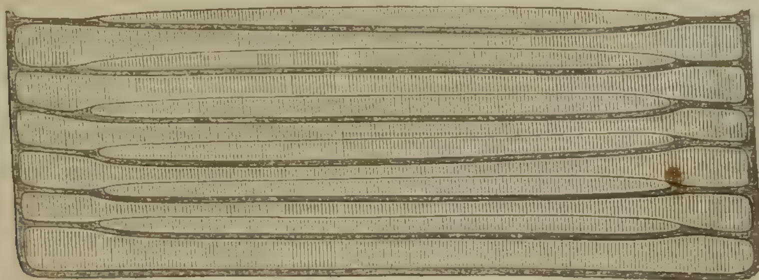


1:1550

Ein prachtvolles Object ist Surirella Gemma, Fig. 98 und 99. Die parallel den Querleisten verlaufenden stärkeren Querstreifen *a*, von denen 22 bis 24 auf $0{,}01^{mm}$ gehen, sind zwar schon bei centraler Beleuchtung deutlich zu sehen, dagegen aber sind die äusserst zart gezeichneten Längsstreifen *b*, welche auch über die Querleisten verlaufen und von denen 30 bis 32 auf $0{,}01^{mm}$ gehen *), sehr schwer sichtbar zu machen und verlangen schiefe Beleuchtung. Ein recht hübsches Bild gewährt diese Diatomacee bei letzterer Beleuchtungsweise, wenn die Strahlen etwa unter einem Winkel von 25 bis 30⁰ auf die Längsstreifen treffen. Man sieht dann die Zwischenräume wie von einem korbartigen Geflechte erfüllt.

Die Querstreifen der Striatella unipunctata, Fig. 100 und 101, von denen 30 bis 32 auf $0{,}01^{mm}$ kommen, bilden gleichfalls eine der

Fig. 100.



1:1550

*) In der Figur sind die Streifen beim Stich etwas zu weit entfernt gehalten worden.

schwierigsten Proben für die stärksten Systeme, und ist das Object, nach meinem Präparate, in Balsam eingelegt, in Bezug auf seine Lösbarkeit schwieriger als Grammatophora subtilissima.

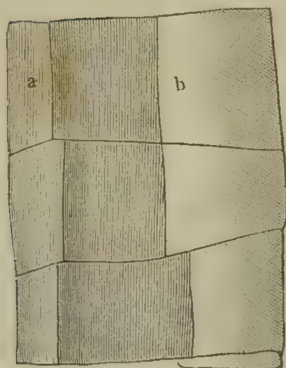
Fig. 101.



1 : 1550

Endlich will ich noch zwei in der neuesten Zeit häufig genannte Probeobjecte erwähnen, von denen mir indessen das eine zu einer vergleichenden Prüfung weniger geeignet erscheint. Dieses Object, Rhizosolenia styliformis, Fig. 102, enthält 3 Liniensysteme, von denen das eine parallel mit der Längsachse verläuft, *a*, und 28 Streifen auf 0,01^{mm} enthält, während die beiden anderen sich schiefwinklig kreuzen, *b*, und 30 bis 32 Linien auf gleichen Raum kommen. Das Object ist sehr gross und walzenförmig mit zugespitzten Enden, die Streifensysteme sind daher immer nur an einzelnen Stellen, nie über die ganze Fläche zu sehen.

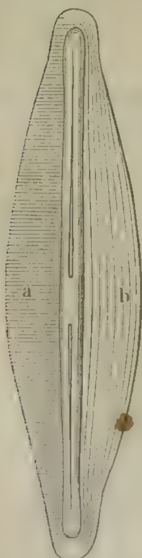
Fig. 102.



1:1550

Frustulio saxonica (Rbhst.), Fig. 103, das zweite dieser Objecte, besitzt Längs- und Querstreistreifen, von denen die ersteren *b*, ziemlich weit entfernt stehen (etwa 18 bis 20 auf 0,01^{mm}), die letzteren *a*, dagegen einander etwas mehr genähert sind, als bei Grammatophora subtilissima, so dass 34 bis 35 auf 0,01^{mm} gehen. Beide Streifensysteme sind sehr schwach gezeichnet, so dass sie allerdings ein vorzügliches System zur Lösung verlangen. Man sieht sie indessen bei schiefem Lichte und günstiger Tagesbeleuchtung mittelst der stärksten Objectivsysteme fast ebenso gut wie diejenigen der Grammatophora, wenn nur das Object richtig zubereitet, „gespalten" und trocken eingelegt ist. Liegt dasselbe dagegen in Balsam, so sind die Querstreifen sehr schwer zu sehen; ich habe sie indessen mit dem Systeme 10 von Hartnack auch in diesem Falle erkannt.

Fig. 103.



1:1550

Die beschriebenen Probeobjecte genügen, soweit meine Erfahrungen gehen, für alle Fälle, namentlich auch für die Erkenntniss feinerer Unterschiede in dem Auflösungsvermögen der stärkeren Objectivsysteme. Im Allgemeinen wird man aber mit einer geringeren Anzahl ausreichen, und möchte ich vorzugsweise folgende für die Prüfung bei centraler Beleuchtung empfehlen. Für die Systeme der ersten Classe die Schüppchen von Lepisma saccharina (grosse und kleine) oder statt deren Pinnularia nobilis und viridis; für jene der zweiten Classe die Schüppchen von Hipparchia Janira, Pleurosigma attenuatum und allenfalls noch Grammatophora serpentina oder Synedra fulgens, für jene der dritten Classe endlich Pleurosigma angulatum und Grammatophora marina. Zur Prüfung der stärksten Systeme bei schiefer Beleuchtung lassen sich dann etwa noch Nitzschia sigmoidea und Grammatophora subtilissima zufügen.

Hauptbedingung für den Gebrauch dieser Objecte, mag man sich nun einer umfangreicheren Reihe oder nur einer kleineren Anzahl bedienen, bleibt aber immer die, dass man sich vorher mit deren Aussehen unter anerkannt guten Instrumenten vertraut mache, ehe man ihr Verhalten seinem Urtheile zu Grunde legt.

Zum Schlusse füge ich der bequemeren Vergleichung mit Nobert's Probeplatte wegen noch eine Tafel der beschriebenen Probeobjecte bei, welche die auf 0,01^{mm} kommenden Streifen sowie deren Entfernungen enthält *).

---

*) Die in Klammern beigefügten Zahlen der ersten Columne bezeichnen die entsprechenden aus den 19 Gruppen der neuesten Probeplatte, deren Beschreibung mir erst während des Druckes der Tafel bekannt geworden.

Nobert's Probeplatte.			Natürlich
Gruppe.	Anzahl der Linien auf 0,01mm.	Entfernung der Linien in Theilen des Millimeters.	Namen der Objecte.
1 (1)	5,5	0,002 256	Lepisma saccharina { gross . .
2	6	0,001 917	Lepisma saccharina { klein . .
3 (2)	7	0,001 647	Pinnularia nobilis . . . . . .
4	8	0,001 399	Pinnularia viridis . . . .
5 (3)	9	0,001 240	Navicula elliptica . . . .
6	10	0,001 082	Hipparchia Janira . . . .
7 (4)	11	0,000 902	Lycaena Argus { lichte Schupp
8 (5)	13	0,000 789	Lycaena Argus { dunkle „
9	15	0,000 677	Lycaena Alexis, { lichte Schupp
10 (6)	16	0,000 620	Lycaena Alexis, { dunkle „
11 (7)	17	0,000 591	Pleurosigma formosum . . . .
12	18	0,000 566	„ balticum . . . . .
13 (8)	19	0,000 533	Leueania comma . . . .
14	20	0,000 508	Pleurosigma attenuatum . . . .
15 (9)	21	0,000 451	Synedra fulgens . . . .
16	22	0,000 433	Grammatophora serpentina . .
17 (10)	23	0,000 417	Pleurosigma angulatum . . . .
18	24	0,000 401	Grammatophora marina . . . .
19	25	0,000 388	Navicula veneta . . . .
20 (11)	26	0,000 376	Fragillario capucina . . . . .
21	27	0,000 365	Nitzschia linearis . . . .
22	28	0,000 354	
23 (12)	29	0,000 342	„ sigmoidea . . . . . .
24	30	0,000 331	Navicula rhomboides (Amici, af
25 (13)	31	0,000 322	Striatella unipunctata . . . . .
26	32	0,000 313	
27 (14)	33	0,000 304	Surirella Gemma (Längsstreifen
28	34	0,000 295	Grammatophora subtilissima . .
29	35	0,000 288	Frustulia saxonica . . . . . .
30 (15)	36	0,000 282	

robeobjecte.		Bemerkungen.
Anzahl Linien 0,01mm.	Entfernung der Linien in Theilen des Millimeters.	
4 — 5	0,00222	
— 9	0,00142	
4 — 6	0,00250 — 0,00166	In Balsam.
— 8	0,00153	„
— 11	0,00111	„
— 12	0,00099	
— 9	0,00133	Bei den beiden Lycaena-Arten sind die hellen Schüppchen schwieriger zu lösen, als die dunklen.
— 13	0,00087	
— 11	0,00096	
4 — 15	0,00074	
— 14	0,00083	In Balsam.
4 — 15	0,00074	„
4 — 15	0,00074	
— 16	0,00069	„
7 — 18	0,00060	„
8 — 20	0,00055	„
— 23	0,00046	Trocken.
25	0,00041	In Balsam.
26	0,00040	Trocken.
6 — 28	0,00038	In Balsam eingelegt schwieriger, als die beiden folgenden Objecte.
18 — 29	0,00036	
		In Balsam.
0 — 31	0,00033	„
30	0,00033	In Balsam. Beträchtlich schwieriger als die vorhergehende.
0 — 32	0,00032	In Balsam. Eins der schwierigsten Objecte.
0 — 32	0,00032	Trocken. Sehr schwer zu lösen
2 — 34	0,00031	In Balsam.
4 — 35	0,00029	

Bildchen eines Drahtnetzes. — Ein sehr vorzügliches Probeobject gewähren die in dem Brennraume einer kleinen Luftblase erzeugten Bildchen von kleinen Gegenständen, welche von Harting (Mikroskop, Seite 294 u. f.) empfohlen worden sind. Diese Bildchen haben den Vortheil, dass sie unter den verschiedensten Verhältnissen anwendbar sind, dass man für die schwächsten wie für die stärksten Objectivsysteme mit einem einzigen, nicht von der Aufbewahrungsweise und anderen Umständen beeinflussten, Probeobjecte ausreicht, welches dann sowohl für das begrenzende wie für das auflösende Vermögen unter sich vergleichbare Resultate gewährt.

Harting hat ursprünglich für die verschiedenen Seiten des optischen Vermögens verschiedene Objecte zur Erzeugung der Luftblasenbildchen vorgeschlagen. Es scheint mir indessen vollkommen ausreichend, nur ein einziges dieser Objecte, nämlich das für die Prüfung der Unterscheidbarkeit der Gesichtseindrücke durch das Mikroskop verwendete, sowohl der Nobert'schen Probeplatte, als den natürlichen Probeobjecten aus der Reihe der Schmetterlingsschuppen und der Diatomaceenschalen sich eng anschliessende Drahtnetz zu benutzen. Die Schärfe der Zeichnung gewährt nämlich für die eine, die Grösse der Maschen an der äussersten Grenze der Unterscheidbarkeit für die andere der genannten Seiten des optischen Vermögens vollkommen ausreichende Anhaltspunkte.

Die Erzeugung geeigneter Luftblasen unterliegt nicht der geringsten Schwierigkeit und wird einem jeden Beobachter, auch dem weniger geübten, leicht gelingen. Löst man reines arabisches Gummi in Wasser, welches eine geraume Zeit an der Luft gestanden hat oder damit stark geschüttelt worden ist, so entstehen in der Lösung eine Menge von der, zwischen den kleinsten Pulvertheilchen noch enthaltenen, durch das mit Luft gesättigte Wasser nicht mehr absorbirten Luft herrührende kuglige Bläschen, welche ihre Grösse längere Zeit constant bewahren. Ebenso leicht erhält man solche, wenn man eine geringe Menge von Kreide auf einem Objectträger mit verdünnter Essigsäure übergiesst.

Um die Abplattung der Luftblasen in Folge des Druckes der Deckgläschen zu verhüten, trägt man auf dem Objectträger links und rechts von den Flüssigkeitstropfen einen Lackstreifen auf, oder mischt der Flüssigkeit kleine Abschnittchen von Schweineborsten, Papierschnitzel und dergleichen bei, auf welche das Deckgläschen zu liegen kommt.

Zur Aufnahme des Drahtnetzes oder eines bilderzeugenden Objectes irgend welcher Art bedarf es bei allen den Mikroskopen, welche mit senkrecht beweglichen Cylinderblenden, mit dem Harting'schen oder einem anderen Beleuchtungsapparate versehen sind, keiner weitern Vorrichtung. Man befestigt das Drahtnetz je nach Umständen entweder über der oberen oder vor der unteren Oeffnung des Messingcylinders, welcher die Blendungen aufnimmt, mittelst etwas Klebwachses, oder legt es auf den Theil des Beleuchtungsapparates, welcher die Beleuchtungs-

linse aufzunehmen hat. Fehlt bei dem zu prüfenden Mikroskope eine der genannten Vorrichtungen, so bringt man das Object auf ein besonderes Stativ mit einem in senkrechter Richtung verschiebbaren, horizontalen, in einen Ring endigenden Arm, wozu ein Lupenträger in den meisten Fällen ausreichen wird.

Durch die Aenderung des Abstandes unseres Drahtnetzes von der Einstellungsebene und passende Auswahl von Luftblasen wechselnden Umfanges hat man es in seiner Gewalt, Bildchen der verschiedensten Grösse zu erzeugen, die sowohl für schwächere, wie für stärkere Systeme bis zur Grenze der Unterscheidbarkeit der Gesichtseindrücke reichen. Das Bildchen verkleinert sich nämlich jederzeit in dem Verhältnisse, als die Luftblase kleiner und als das Object weiter von der Einstellebene entfernt wird.

Die Hauptvorsichtsmaassregeln, welche man insbesondere noch für diese Untersuchungsweise zu beachten hat, bestehen in Folgendem. Zunächst muss man, um für alle Fälle den nöthigen Spielraum in der Bildverkleinerung zu haben, die Bildchen so wählen, dass sie schon verhältnissmässig klein sind, wenn das Object der Einstellebene noch nahe steht. Dann darf man sich, um der Schärfe des Bildes keinen Eintrag zu thun, nur solcher Luftblasen zu dessen Erzeugung bedienen, welche scharfe und reine Zeichnungen liefern, also von Abplattung, von verunreinigenden Beimengungen, Stäubchen und dergleichen vollkommen frei sind. Endlich muss man es sich zum Gesetze machen, der Verkleinerung des Bildchens unbedingt da ein Ziel zu setzen, wo die Schärfe zu leiden, und die Zeichnung der Maschen ein verschwommenes Ansehen zu nehmen beginnt.

Zur genauen Bestimmung der Grösse der von den betreffenden Objecten erzeugten Bildchen, in unserem Falle also der Grösse der Maschen (der hellen Zwischenräume) und der Dicke der Drähte (der negativen Gesichtseindrücke) an der erreichten Grenze der Unterscheidbarkeit hat H a r t i n g eine Methode eingeschlagen, welche so umständlich und von so mancherlei Nebenumständen beeinflusst erscheint, dass dadurch das ganze Prüfungsverfahren für den praktischen Mikroskopiker in Frage gestellt wird. Glücklicherweise lässt sich aber diese Grössenbestimmung mit voller Sicherheit mittelst unserer gewöhnlichen mikrometrischen Methoden ausführen. Man kann dabei folgende Wege einschlagen:

1. Man zählt die Anzahl der Zwischenräume, welche für eine bestimmte Combination von Objectivsystem und Ocular auf eine bestimmte mikrometrische Maasseinheit, etwa auf $0{,}01^{mm}$, gehen (wie ich das bei den Diatomaceenschalen gethan habe) und berechnet dann die hieraus resultirende Breite der Zwischenräume, von der Mitte der sie begrenzenden Drähte aus gerechnet. Hätte man z. B. gefunden, dass auf $0{,}01^{mm}$ (auf welche Einheit man das Spitzenocular eingestellt hatte) 25 Zwischenräume fielen, so würde die Breite der Interstitien unter obiger Voraussetzung $\frac{0{,}01^{mm}}{25}$, also $0{,}0004^{mm}$ betragen.

2. Man schneidet aus dem Drahtnetze eine nach zwei Seiten hin begrenzte Anzahl von Maschen, am passendsten 10, heraus und misst dann mittelst des Ocularmikrometers oder irgend einer der später beschriebenen mikrometrischen Methoden die ganze Breite des Bildchens. Diese letztere durch die Anzahl der Maschen dividirt, ergibt die Breite der Zwischenräume von der Mitte der begrenzenden Drähte aus gerechnet. Wäre z. B. die Breite der 10 Zwischenräume an der äussersten Grenze der Unterscheidbarkeit = $0{,}0048^{mm}$ gemessen worden, so würde die Breite eines Zwischenraumes $0{,}00048^{mm}$ betragen.

Harting geht hier für die Grössenbestimmungen auch in anderer Beziehung einen verschiedenen Weg, indem er nämlich die Breite der Zwischenräume vom Saume der begrenzenden Drähte aus bestimmt und ausserdem noch die Dicke der Drähte der Messung unterwirft. Da es sich bei unserer Untersuchung indessen nur um die Gewinnung numerisch vergleichbarer Resultate, keineswegs um absolute Grössenbestimmungen handelt, und da jede mögliche Vereinfachung der Methode für den praktischen Mikroskopiker nur erwünscht sein kann, so muss ich den von mir eingeschlagenen Weg für vollständig genügend erachten. Ausserdem aber wird uns wohl für die Bestimmung des Abstandes der Linien auf der Nobert'schen Probeplatte, sowie der Streifen auf den schwierigeren Diatomaceenschalen kaum ein anderer Weg der Maassbestimmung übrig bleiben. Will man daher unter Berücksichtigung der sonst noch Einfluss äussernden Umstände die Maassverhältnisse dieser verschiedenen Classen von Probeobjecten untereinander in Vergleich stellen, so wird dies nur geschehen können, wenn man für die Breitenbestimmung der Zwischenräume des Drahtnetzbildchens die von mir eingeschlagene Methode befolgt.

Für solche Fälle, wo man die wahre Grösse der hellen Zwischenräume, sowie die Breite der negativen Gesichtseindrücke zu wissen wünscht, unterliegt auch diese Bestimmung durchaus keiner Schwierigkeit. Man braucht eben nur die Maassverhältnisse der Zwischenräume und der Drahtdicke des wirklichen Objectes ein- für allemal durch mikrometrische oder gewöhnliche Messung zu ermitteln und dann dieselben bei den Grössenbestimmungen des Bildchens in verhältnissmässigen Ansatz zu bringen.

Entspräche z. B. ein Zwischenraum des Drahtnetzes für eines der schwächsten Objectivsysteme 12, die Dicke eines Drahtes 8 Abtheilungen des Ocularmikrometers, so würde, wenn die Breite der Zwischenräume nach der oben geschilderten Methode bestimmt worden wäre, diese Breite nicht ganz, sondern nur $\frac{3}{5} = 0{,}6$ derselben, dagegen für die Breite der negativen Gesichtseindrücke $\frac{2}{5} = 0{,}4$ in Ansatz zu bringen sein. Die oben unter 1. gefundene Maasszahl $0{,}0004^{mm}$ würde dadurch in $0{,}00024^{mm}$ übergeführt und für die Dicke des Drahtes jene von $0{,}00016^{mm}$ hinzugekommen sein.

3. Prüfung der übrigen Eigenschaften.

Prüfung der Lichtstärke. — Die Lichtstärke eines Mikroskopes hängt vorzugsweise von den Objectivsystemen ab und ist von den bedingenden Factoren bereits an den betreffenden Stellen Erwähnung gethan worden. Dieselbe erscheint mir durchaus nicht von so geringem Einflusse, als manche Mikrographen anzunehmen geneigt sind; ich halte dieselbe vielmehr für einen der wichtigeren Momente in Bezug auf die Brauchbarkeit eines Instrumentes für die feinsten anatomischen Untersuchungen. Bei den schwächeren und mittleren Vergrösserungen sind die Unterschiede hierin bei den neueren Instrumenten allerdings nicht so beträchtlich und bemerkbar, dass dadurch ein wesentlich nachtheiliger Einfluss auf den Gang der Untersuchung ausgeübt werden könnte. Die 300- bis 500fachen Vergrösserungen dieser Mikroskope besitzen in der Regel noch einen solchen Grad der Lichtstärke, dass man selbst bei ungünstiger Beleuchtung recht gut damit arbeiten kann, ohne dem Auge zu grosse Anstrengung zuzumuthen. Ganz anders aber gestaltet sich das Verhältniss, wenn man zu stärkeren Objectivsystemen greift. Man trifft dann bei verschiedenen Instrumenten, ja selbst bei solchen einer und derselben Werkstätte aus älterer und neuerer Zeit auf so bedeutende Unterschiede, dass bei den einen, wenn die Beleuchtung einigermaassen ungünstig ist, Alles in Dämmerung gehüllt erscheint, während man bei den anderen noch ein hinreichend helles Gesichtsfeld hat und schöne, bestimmte Bilder erhält. In diesem Falle erscheint denn auch die Lichtstärke als ein entschieden maassgebender Punkt bei der Beurtheilung eines Instrumentes. Was in dieser Beziehung erreicht werden kann, zeigen die sehr schönen neuen, stärkeren Systeme von Bénèche, Belthle, Schröder und Zeiss, namentlich aber die Systeme zum Eintauchen von Amici und Hartnack, von denen namentlich die Systeme 9 und 10 des letzteren in der Lichtstärke noch unübertroffen dastehen.

Welchen Grad von Lichtstärke man von einem Mikroskope verlangen solle und könne, lässt sich nicht bestimmt in Worte fassen. Hier muss eben vorzugsweise die Erfahrung leiten. Als Maassstab für das Minimum der Leistung möchte sich wohl die Forderung H. v. Mohl's (Mikrographie, S. 209 u. f.) hinstellen lassen, dass das Gesichtsfeld bei geeigneter Benutzung des gewöhnlichen Beleuchtungsapparates einen solchen Helligkeitsgrad zeige, wie ein von gutem Tageslichte erhellter Bogen weissen Papieres. Legt man diesen Maassstab an die besseren neueren Objectivsysteme, so genügen dieselben bei günstigem Lichte noch bei 800- bis 1000fachen, ja selbst höheren Vergrösserungen.

Ein in Zahlen ausdrückbares Maass für die Lichtstärke verschiedener Instrumente ist gleichfalls nicht gut möglich. Man müsste für diesen Fall eben photometrische Apparate benutzen, deren Anwendung einmal noch höchst schwierig und unbequem und dann auch nicht einmal von so erheblichem Nutzen sein würde, als man glauben möchte. Soll in-

dessen die relative Helligkeit zweier oder mehrerer Mikroskope verglichen werden, so wendet man am besten das von Goring (Micrographia S. 114) empfohlene Verfahren an, welches ausreichende Resultate liefert. Man richtet zu dem Ende die zu vergleichenden Instrumente mit ihren Objectivsystemen gegen dieselbe Stelle des Abendhimmels und beobachtet, in welchem derselben bei zunehmender Dunkelheit das Bild eines Gegenstandes, auf den die Objective eingestellt sind, zuerst verschwindet. Dasjenige Instrument, bei welchem dieser Fall eintritt, ist dann natürlich das lichtschwächere. Diese Prüfungsweise hat aber immer etwas Unbequemes und lässt sich ausserdem nur bei solchen Instrumenten anwenden, deren Körper man die entsprechende Stellung geben kann. Weit einfacher verfährt man daher so, dass man — wo dieser vorhanden ist — das Licht mittelst des Planspiegels in gewöhnlicher Weise in das Mikroskop werfen lässt. Das Resultat bleibt dann ganz das gleiche, was nicht der Fall sein würde, wollte man zu diesem Zwecke den Hohlspiegel verwenden, der bei verschiedenen Mikroskopen verschieden ist.

Ausdehnung, Ebenung, Gleichmässigkeit und Färbung des Gesichtsfeldes. — Ueber die Maassbestimmung der Ausdehnung, respective des Durchmessers des Gesichtsfeldes, welcher bei gleichem Objectivsysteme hauptsächlich von der Construction des Oculares abhängig ist, ist schon weiter oben das Erforderliche beigebracht worden. Es bliebe demnach hier noch zu untersuchen, ob dasselbe in seiner vollen Ausdehnung oder nur theilweise und bis zu welchem Bruchtheile verwendbar ist. Das Maass der nutzbaren Ausdehnung steht nun aber — gleiche Construction des Oculares vorausgesetzt — in vorzugsweiser Beziehung zu der Beschaffenheit der Objectivsysteme. Es hängt dasselbe nämlich von der Verbesserung der beiden Abweichungen ab, welche zwar meistens in der Mitte des Gesichtsfeldes oder auch in einzelnen Randzonen in hinreichendem Grade gehoben erscheinen, in den äussersten Randtheilen desselben dagegen noch zu stark entwickelt sind. Dies ist dann ein Fehler, der immer in mehr oder minder hohem Grade die Wirkung des betreffenden Instrumentes beeinträchtigt. Um sich von dem Grade der Farbenfreiheit sowohl als von der Correctur der sphärischen Aberration der Randtheile des Gesichtsfeldes zu überzeugen und somit den nutzbaren Theil der ganzen Ausdehnung zu bestimmen, dient wieder sehr gut der schon mehrfach empfohlene Quer- oder Längsschnitt eines Nadelholzes, indem das Freisein von Farbenerscheinungen, sowie die Schärfe und Bestimmtheit der Einzelheiten in der Structur über die ganze Fläche des Gesichtsfeldes nur bei vollkommenen Systemen vorhanden ist, jeder Fehler in dieser Beziehung aber leicht erkennbar hervortritt. Freilich muss der Schnitt dann aber auch in grösserer Ausdehnung gleichmässig ausgeführt sein.

Von nicht minderer Wichtigkeit, als die wirklich nutzbare Ausdehnung, ist die möglichst vollständige Ebenung des Gesichtsfeldes. Besitzt dasselbe eine merkliche Krümmung, welche sich dann vorzugsweise in den äusseren

und äussersten Randpartieen geltend macht, so tritt für den vollen Ueberblick eines Präparates und für eine bestimmte Einstellung ein ähnlicher Fall ein, wie wenn eine unvollständige Hebung der Abweichungen vorhanden ist. Es ist dann, eine bestimmte, auf die Mitte des Objectes bezügliche Einstellung vorausgesetzt, gleichfalls nur der mittlere Theil des mikroskopischen Bildes für feinere Untersuchungen verwendbar, weil die tiefer gelegenen Randtheile desselben stets an Schärfe und Bestimmtheit verlieren, und für den Fall, als sie ebenfalls mit Sicherheit durchforscht werden sollen, eine veränderte Einstellung fordern. Fällt nun dieser Umstand auch weniger bei solcher Beobachtung ins Gewicht, wo man überhaupt nur einen kleinen Theil des Objectes vorzugsweise in Betracht zu ziehen hat, und folglich denselben immer in die Mitte des Gesichtsfeldes bringen kann, so tritt er doch um so empfindlicher bei einer grossen Anzahl solcher Fälle hervor, wo man sich eine mehr übersichtliche Anschauung grösserer Gewebemassen und der relativen Beschaffenheit und Lagerung ihrer constituirenden Bestandtheile verschaffen möchte.

Ein störender Fehler bleibt die starke Krümmung des Gesichtsfeldes in allen Fällen und sollte dieselbe von den Optikern, soweit als irgend thunlich, vermieden werden, ohne dabei natürlich eine der anderen Eigenschaften zu opfern. Die neueste Zeit hat auch in dieser Beziehung ganz befriedigende Resultate geliefert, indem es unsere Optiker verstanden haben, die Krümmung des durch das Collectiv entworfenen reellen Bildes durch die Construction der Objectivsysteme auf ein möglichst geringes Maass zurückzuführen. Theoretisch würde die volle Beseitigung der Krümmung ebenfalls ausführbar sein, wieweit dies aber durch veränderte Construction der Oculare in der Praxis zulässig ist, wage ich nicht zu entscheiden.

Die Krümmung des Gesichtsfeldes gibt sich am deutlichsten zu erkennen, wenn man ein vollständig ebenes Bild als Object benutzt und untersucht, ob dasselbe in allen seinen Theilen mit gleicher Deutlichkeit erscheint. Ich benutze am liebsten sogenannte mikroskopische Photographien mit Druckschrift, wie man sie häufig aus englischen Handlungen, hier und da auch in Deutschland erhält. Weniger sichere Resultate liefern dünne Pflanzenschnitte, weil man eben hier nicht immer eine vollständig ebene Fläche bei dieser Prüfungsweise herzustellen im Stande ist. In der Regel wird man — ich habe es bei allen von mir untersuchten Mikroskopen beobachtet — finden, dass die Randpartien des Bildes eine Annäherung des Tubus an das Object erfordern. Die Bildfläche richtet ihre erhabene Seite nach oben und es lässt sich durch das Maass der verlangten Aenderung in der Einstellung das Mehr oder Minder der Krümmung erschliessen.

Weit nachtheiliger als die Krümmung der Bildfläche wirkt die Verzerrung des Bildes in den Randtheilen des Gesichtsfeldes, d. h. die ungleichmässige Vergrösserung in dessen verschiedenen Theilen. Dieser Fehler

sollte immer und unbedingt gehoben erscheinen. Alle neueren Mik skope, die ich zu untersuchen Gelegenheit hatte, sind in der That a beinahe völlig frei davon und zeigt namentlich das Gesichtsfeld der thoskopischen Oculare von Kellner (Belthle), Schröder u. A. ei vollständig gleiche Vergrösserung des ausserdem sehr grossen (indess nicht völlig ebenen) Gesichtsfeldes. Wo ein Instrument einmal mit dies Fehler behaftet erscheint, ohne dass eine Aenderung möglich ist, da m man sich jedenfalls auf das Genaueste davon zu überzeugen suchen, w cher Theil des Gesichtsfeldes zu verwerfen und welcher auch für die fe sten Untersuchungen, Messungen u. s. w. noch unbedingt verwendbar i Als bestes Prüfungsmittel hierfür lässt sich das schon von Harti vorgeschlagene, in quadratische Felder getheilte Glasmikrometer e pfehlen. Weniger gut eignen sich dazu andere, von manchen S ten empfohlene mikroskopische Objecte, weil ihnen einestheils die nöthi Gleichförmigkeit fehlt, anderntheils die statthabenden Verzerrungen u Verbiegungen der Umrisse sich nicht mit jenem Grade von Sicherh beurtheilen lassen, der hierzu unbedingt erfordert wird. Ist die V grösserung über die ganze Ausdehnung des Gesichtsfeldes eine vollko men gleichmässige, wie bei den orthoskopischen Ocularen, so werden Quadrate des Mikrometers sämmtlich von geraden Linien begrenzt scheinen, Fig. 104. Ist dagegen, wie das bei den gewöhnlichen Ocular hie und da der Fall ist, die Vergrösserung des Bildes in den Randth len des Gesichtsfeldes eine stärkere als in der Mitte, so müssen die Qu drate von mehr oder minder stark nach auswärts gebogenen Linien ei gefasst erscheinen, Fig. 105. Das Umgekehrte findet statt, wenn, w indessen kaum vorkommen dürfte, die Vergrösserung in der Mitte, je in den äusseren Theilen übertrifft (Fig. 106). Weniger in die Aug fallende, aber immerhin genügend sichere Resultate gewährt auch ein g wöhnliches Glasmikrometer, wenn dessen Theilstriche nur die erforderlic Länge besitzen. Dieselben erscheinen im zweiten und letztern Falle n in der Mitte des Gesichtsfeldes ganz gerade, an den Randtheilen d gegen nach aussen oder innen concav.

Fig. 104.

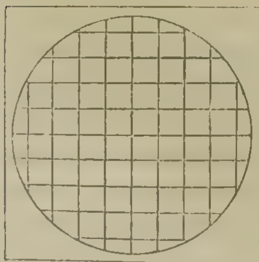


Fig. 105.

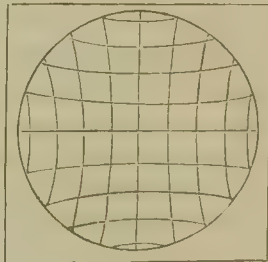
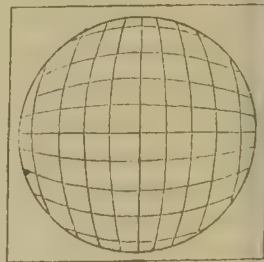


Fig. 106.



Die Färbung des Gesichtsfeldes, obgleich sie, auch selbst dann, wen sie in auffallender Weise vorhanden ist, auf die Schärfe der Bilder kein

Tafel I.

Fig. 1.

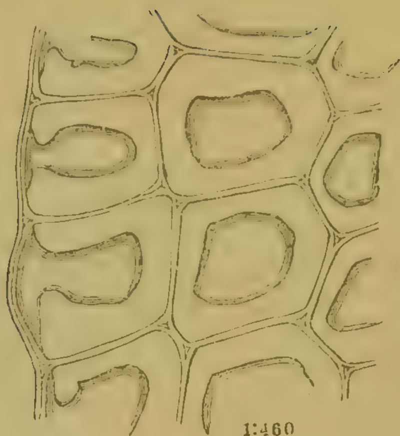


Fig. 3.



Fig. 2.



Fig. 4.



Fig. 5.



Fig. 6.



Fig. 7.



Fig. 8.



unbedingt nachtheilige Wirkung ausübt, ist doch nicht ganz ohne Einfluss auf den Gang der Beobachtung. Dieselbe rührt theils von der Färbung der verschiedenen Glassorten her, theils scheint sie nur auf der Construction des optischen Apparates zu beruhen, und wird dann, soweit meine Erfahrungen reichen, vorzugsweise von den Objectivsystemen, in minderem Grade von den Ocularen bedingt. Bei den meisten Objectivsystemen der neueren Mikroskope ist die Färbung des Gesichtsfeldes nur so äusserst gering ausgeprägt, dass sie an und für sich gar nicht wahrgenommen und erst bei dem Vergleiche mehrerer Instrumente sowie bei feineren Untersuchungen und empfindlichen Objecten bemerkbar wird. Es wechseln da die Nüancen von dem Reinweissen zum Lichtgrauen, Bläulichen, Grünlichen und Gelblichen. Ist diese Eigenschaft nur schwach entwickelt, dann kann natürlich von einem erheblichen Einflusse auf die Beobachtung kaum die Rede sein. Sehr störend aber wirken stark gefärbte Gläser dann, wenn man Reactionserscheinungen verfolgen, oder über die natürliche Farbe der Objecte urtheilen soll. Am stärksten entwickelt habe ich stets die gelbliche Färbung in verschiedenen Abstufungen gefunden, und es geht dieselbe z. B. bei manchen Objectivsystemen von Hasert, wo sie entschieden am Glase oder vielmehr in einer, in die untere Linse eingeschlossenen Flüssigkeit ihren Grund hat und dem ganzen Gesichtsfelde die Farbe von einem mit Gummigutti überzogenen weissen Papiere ertheilt, soweit, dass sie vollständig unangenehm für das Auge wird und manche feinere Reactionen ganz und gar verdunkelt. Ich muss eine so stark hervortretende Färbung für einen groben Fehler eines Objectivsystemes erklären, und es wird ein solches für den praktischen Mikroskopiker fast werthlos sein, wenn es auch in anderer Beziehung alles Mögliche leistet.

Zur Prüfung der Färbung des Gesichtsfeldes eignen sich vorzüglich zarte Schnitte durch das Holz unserer Laub- und Nadelbäume, durch die dickwandigen Bastzellen der Gefässbündel mancher Palmen (Caryata etc.), sodann die Stärkemehlkörner aus der Frucht oder den Knollen der Kartoffel. Mittelst dieser Objecte ist man, wenn der Schnitt die erforderliche, äusserste Dünne besitzt, im Stande, auch die geringsten Unterschiede in den Schattirungen und in den Graden der Färbung des Gesichtsfeldes zu entdecken und deren Einfluss auf die Gegenstände einer jeweiligen Untersuchungsreihe zu ermitteln. Ich habe in den Figuren 1 bis 4 und 5 bis 8 der Tafel I. eine Stufenfolge wirklich beobachteter Färbungen des Gesichtsfeldes bei verschiedenen Objectivsystemen dargestellt und werden dieselben dem weniger geübten Beobachter leicht genügende Anhaltspunkte gewähren.

VIERTER ABSCHNITT.

ZUR KENNTNISS DER NEUEREN MIKROSKOPE.

Nachdem wir in den vorhergehenden Abschnitten die mechanische und optische Einrichtung des zusammengesetzten Mikroskopes kennen gelernt und uns mit den Mitteln zur umfassenden Prüfung seines optischen Vermögens vertraut gemacht haben, wenden wir uns in dem folgenden einer mehr praktischen Aufgabe zu. Es sollen nämlich in diesem Abschnitte, nachdem die Grundsätze, welche man bei der Beurtheilung eines zu wissenschaftlichen Zwecken bestimmten Mikroskopes zu beachten hat, kurz recapitulirt worden sind, dem Leser eine Reihe von Instrumenten aus den neueren (vorzugsweise deutschen) Werkstätten vorgeführt werden, von deren Leistungen ich mich selbst zu überzeugen Gelegenheit hatte, oder für welche ich mich auf zuverlässige Urtheile sachkundiger Freunde stützen kann. Dass ich nicht von den neuesten Mikroskopen aller deutschen Werkstätten habe Kenntniss nehmen können, wird man begreiflich finden, da zu einer thatsächlichen Unterstützung einer Arbeit, wie die vorliegende, in der Regel nur die jüngeren Optiker, die auf der Bahn des neueren Fortschrittes sich befinden, bereit sind. Wenn ich daher über solche Mikroskope, die mir nicht hinreichend genau bekannt waren, hinweggehe, so will ich dadurch keineswegs Veranlassung geben, in Bezug auf deren Leistungsfähigkeit einen Schluss zu ziehen. Ich wollte hier eben nur dasjenige aufführen, wofür ich einstehen kann.

Wenn ferner bei der Beschreibung der neueren Mikroskope von den ausländischen Optikern nur wenige vertreten sind, so liegt der Grund darin, dass es mir für ein deutsches Werk geziemend erscheint, vorzugsweise und mit möglichster Vollständigkeit die Erzeugnisse deutscher Kunst zu berücksichtigen und zwar ohne Rücksicht darauf, ob diese letztere im Auslande oder im Vaterlande geübt wird. Diese besondere Rücksichtnahme scheint mir zudem um so mehr gerechtfertigt, als wir Deutsche

gegenwärtig durchaus keine Veranlassung haben, uns im Auslande nach Besserem umzusehen, als uns diejenigen Instrumente bieten, welche in der neueren Zeit aus den von Deutschen geleiteten optischen Werkstätten hervorgegangen sind. Amici und Nachet konnte ich nicht übergehen, weil ihre Mikroskope in unserem Vaterlande eine ziemlich weite Verbreitung besitzen. Die englischen Mikroskope, von denen ich solche von Smith, Beck und Beck, ebenso einzelne Objectivsysteme von Ross kennen gelernt habe, zu beschreiben, habe ich für überflüssig gehalten. Erstlich steht deren Verbreitung ihr ganz enormer Preis entgegen, so dass sie bei uns immer nur in einzelne Hände gelangen können, und dann haben sie ihr, eine Zeit lang behauptetes Uebergewicht an optischem Vermögen in der neuern Zeit verloren; wenigstens haben deren Objectivsysteme, soweit ihre Leistungen für wissenschaftliche Zwecke in Betracht kommen, durchaus Nichts vor vielen unserer deutschen Systeme voraus, und in der Lösung der schwierigen Probeobjecte werden sie ebenfalls erreicht, wenn nicht von manchen Combinationen (Hartnack's 9, 10 und 11) übertroffen.

I. Grundsätze für die Wahl eines Mikroskopes.

Was die Grundsätze angeht, welche man im Auge zu halten hat, wenn man sich die Frage beantworten will, wie ein zusammengesetztes Mikroskop eingerichtet sein und was es leisten soll, so liegt auf der Hand, dass ich mich hier auf diejenigen beschränken muss, welche eine mehr allgemeine Gültigkeit in Anspruch nehmen können. Die Verschiedenheit der Ziele, die man mittelst des Mikroskopes zu verfolgen beabsichtigt, muss hierbei natürlich in einer oder der andern Weise Modificationen in den an dasselbe zu stellenden Anforderungen im Gefolge haben. Wer sich nur mit rein morphologischen Untersuchungen beschäftigt, braucht lange nicht jene optische Kraft in Anspruch zu nehmen, bedarf keiner so hohen mechanischen Vollendung des Apparates, wie derjenige, welcher sich die feinere Histiologie der Pflanzen oder Thiere zum Felde seiner Forschungen erkoren hat.

Dem sei indessen, wie ihm wolle, bei der Wahl eines Mikroskopes steht in erster Linie immer der optische Apparat, Objectivsysteme, Oculare und Beleuchtungsvorrichtungen. Volle Klarheit und Farblosigkeit des ganzen Bildes, Reinheit und Schärfe der einzelnen Linien und Begrenzungen, hinreichendes Auflösungsvermögen, Ebnung, d. h. gleichmässige Vergrösserung, helle Erleuchtung und passende Ausdehnung des Gesichtsfeldes sind hier unbedingtes und Haupterforderniss, neben dem noch die Möglichkeit einer umfassenden Abwechslung in Art und Stärke der Beleuchtung vorzügliche Beachtung verdient. Wie man sich von jenen wichtigsten Seiten des optischen Vermögens, welche vorzugsweise auf der Construction der Objectivsysteme beruhen, unterrichtet, wurde in dem vorhergehenden Abschnitte in umfassender Weise dargelegt. Der Geübtere wird sich hier-

über schon bei der Betrachtung eines einzigen passenden und ihm hinreichend bekannten Objectes auf den ersten Blick sein Urtheil bilden können. Ich selbst benutze in dieser Beziehung am liebsten einen recht zarten, farblosen Querschnitt eines Nadelholzes, den ich Jedem empfehlen kann. Der weniger Geübte, oder mit dem Gebrauche des Mikroskopes noch gar nicht Vertraute wird, wenn ihm nicht ein Mikroskopiker mit Rath zur Seite steht, sich auf eine mehr umständliche Prüfung einlassen müssen, wobei ihm die oben beschriebenen Probeobjecte gute Dienste leisten können. Mehr in zweiter Linie steht die Vergrösserung, denn im Allgemeinen ist nicht dasjenige Mikroskop für das beste zu erklären, welches bei starken Vergrösserungen ein bestimmtes Detail erkennen lässt, sondern dasjenige, mit welchem man bei geringeren Vergrösserungen ein so klares und bestimmtes Bild erhält, dass man dabei ein gegebenes Object vollkommen zu durchforschen im Stande ist. Für recht viele, ja fast für die meisten Untersuchungen wird eine Reihe von 50- bis 600maligen Linearvergrösserungen ausreichend sein. Einzelne Fälle machen allerdings auch stärkere Vergrösserungen nicht allein wünschenswerth, sondern nothwendig, und ich kann durchaus nicht dem Ausspruche einzelner Forscher beitreten, dass das, was bei 300- bis 400facher Vergrösserung nicht gesehen wird, überhaupt nicht gesehen werden kann. Diese starken Vergrösserungen müssen dann aber auch, wenn sie mit Vortheil gebraucht werden sollen, ganz vortrefflich, und es dürfen namentlich nicht die übrigen guten Eigenschaften der betreffenden Objective zu Gunsten des Auflösungsvermögens hintangesetzt sein, wie das hie und da geschieht.

Bei der Beurtheilung der Vergrösserungen hat man vorzugsweise auch darauf zu sehen, ob dieselben mehr das Product der Objectivsysteme oder der Oculare sind. Ersteres ist unbedingt vorzuziehen, indem solche Vergrösserungen, welche man mittelst starker Objectivsysteme und schwächerer Oculare erzielt, für die Beobachtung schwieriger, gehörig hergerichteter Objecte bei weitem denjenigen vorzuziehen sind, welche durch starke Oculare erreicht werden müssen. Allerdings ist bei den stärkeren Objectivsystemen der Abstand von der Oberfläche des Deckglases ein geringerer, und es verlangen dieselben ein dünnes Deckglas. Ich kann aber hierin, wenn einmal höhere Vergrösserungen erfordert werden durchaus keinen Nachtheil erkennen, und wird derselbe, wenn überhaupt als vorhanden zugegeben, durch den erreichten Vortheil weit überwogen.

Im Allgemeinen wird bei der Wahl der Objectivsysteme in dieser Beziehung darauf zu sehen sein, dass man eine für seine Zwecke ausreichende Abstufung der Vergrösserungen erreicht. Vier bis fünf derselben werden für die meisten Fälle genügen. Von ihnen mögen mit dem schwächsten, das objective Bild 4- bis 5mal vergrösserndem Ocular das erste eine 20- bis 30fache, das zweite eine 80- bis 100fache, das dritte eine 200- bis 250fache, das vierte eine 300- bis 400fache Vergrösserung geben. Für die schwierigeren und schwierigsten Beobachtungen müssen hierzu noch ein fünftes mit einer 450- bis 500fachen und

ein sechstes mit einer 550- bis 600fachen Vergrösserung hinzukommen. Mittelst dieser letztern Systeme kann man dann bei Anwendung von mässig starken Ocularen noch sehr schöne und brauchbare 1200- bis 1500-malige Vergrösserungen erreichen, die für einzelne Fälle immerhin nicht ohne entschiedenen Nutzen sein werden.

Was die mit den Objectivsystemen zu verbindenden Oculare betrifft, so muss auch von ihnen möglichste Vollendung verlangt werden. Sehr angenehm ist es, wenn dieselben ein grosses und ebenes Gesichtsfeld gewähren, was leider nicht immer der Fall ist. Uebermässig starke Oculare suche man zu umgehen. Hat man die erforderliche Anzahl von Objectivsystemen, so werden etwa 2 bis 4 vollkommen ausreichend sein, von denen das schwächste, bei 160 bis 200^{mm} langem Rohre, das objective Bild etwa 4- bis 5mal, das stärkste höchstens 10- bis 12mal vergrössert.

Als Beleuchtungsapparat genügt es wohl für die meisten Untersuchungen, wenn ein allseitig beweglicher Plan- und Concavspiegel für durchgehendes, und eine $1\frac{1}{2}$ bis 3″ im Durchmesser haltende Beleuchtungslinse für auffallendes Licht vorhanden sind. Als Blendungsvorrichtung verdienen die versenkbaren Cylinderblendungen den unbedingten Vorzug vor allen anderen.

Uebt die mechanische Einrichtung auch im Grossen und Ganzen weit weniger Einfluss aus, als der optische Apparat, so hat man doch auch auf sie sein Augenmerk zu richten, da durch eine möglichst vollkommene, aber dabei einfache, leicht handhabbare Ausführung derselben der Gang einer wissenschaftlichen Untersuchung nicht wenig gefördert wird.

Die Hauptpunkte, welche dabei zu beachten sind, betreffen die Festigkeit des Standes, die Einrichtung des Objecttisches und die Vorrichtungen zur Einstellung.

Ersterer soll vor allen Dingen möglichst fest und sicher sein, um das Instrument vor etwaigen Unfällen zu bewahren, und erfordert daher namentlich einen hinreichend breiten und schweren Fuss, sowie einen nicht zu hohen Bau mit unmässig langem Rohr.

Der Tisch sei solide und stabil. Der unbewegliche, in keiner Weise federnde Objecttisch ist daher dem beweglichen unter allen Umständen vorzuziehen. Derselbe muss für alle vorzunehmenden Manipulationen sowie für eine freie Bewegung des Objectträgers ausreichenden Raum gewähren und vollkommen eben sein. So kleine Tische, wie man sie hier und da bei manchen Mikroskopen noch immer trifft, sind unbedingt zu verwerfen. Zu grosse Objecttische sind indessen auch nicht zu empfehlen, denn erstlich sind sie unbequem, und dann verlangen sie eine zu weite Entfernung vom Fusse, wenn sie den Einfall des Lichtes nicht beschränken sollen.

Die Vorrichtung zur Einstellung, über deren Eigenschaften wir oben das Nöthige gesagt haben, sei womöglich eine zweifache, eine solche für die grobe und eine andere für die feine Bewegung des Rohres.

II. Mikroskope der neueren Optiker.

Indem ich nun zur Beschreibung der mir bekannten Mikroskope übergehe, kann ich nicht umhin, hervorzuheben, dass man in der Beurtheilung ihrer Leistungen in Bezug auf die Lösung der Nobert'schen Platte, immerhin nur ein individuelles — die Vergeichung jedoch nicht beeinflussendes — Urtheil zu suchen hat.

Es mag sein, dass ein anderer Beobachter hier und da von den meinen verschiedene Resultate erhält, indem hier manches auf subjectiver Anschauung beruht. Ich darf indessen versichern, dass ich stets mit voller Unparteilichkeit an die Untersuchung herangetreten bin, und dass mich nur das Streben nach voller Erkenntniss des wahren Sachverhaltes leitete.

Ich werde bei meiner Aufzählung, da von einer eigentlich chronologischen Reihenfolge nicht die Rede sein kann, zunächst die Werkstätten deutscher Optiker in alphabetischer Ordnung aufführen und zum Schlusse die Mikroskope der oben genannten ausländischen Werkstätten folgen lassen.

Fr. Belthle (C. Kellner's Nachfolger) in Wetzlar (früher Belthle und Rexroth). Nach dem Tode des seiner Kunst und der Wissenschaft leider zu frühe entrissenen Gründers des Wetzlarer optischen Institutes, C. Kellner, dessen Mikroskope sowohl in Deutschland als auch in England, wenn auch nur vereinzelte, doch wohl verdiente Anerkennung gefunden hatten, leitete Belthle die Anstalt einige Zeit für Rechnung von Kellner's Wittwe. Die damals aus derselben hervorgegangenen Mikroskope standen nach dem Berichte von Professor Dr. Welker (Ueber Aufbewahrung mikroskopischer Objecte etc. Giessen 1856) denen Kellner's in optischer Beziehung ganz nahe und übertrafen dieselben in der mechanischen Arbeit. Später übernahm Belthle in Verbindung mit H. Rexroth das Institut auf eigene Rechnung und es lieferten Beide Instrumente, die den alten Ruf der Werkstätte bewährten, indem sie es sich angelegen sein liessen, die Gesammtleistungsfähigkeit ihrer Objectivsysteme möglichst zu erhöhen. Das Mikroskop und ein Theil der Objectivsysteme, auf welche sich meine folgenden Untersuchungen beziehen, stammen aus der Zeit dieser Geschäftsverbindung. In neuester Zeit hat Belthle das optische Institut wieder auf alleinige Rechnung übernommen, und es bekunden die von ihm gelieferten Objectivsysteme einen weiteren Fortschritt *).

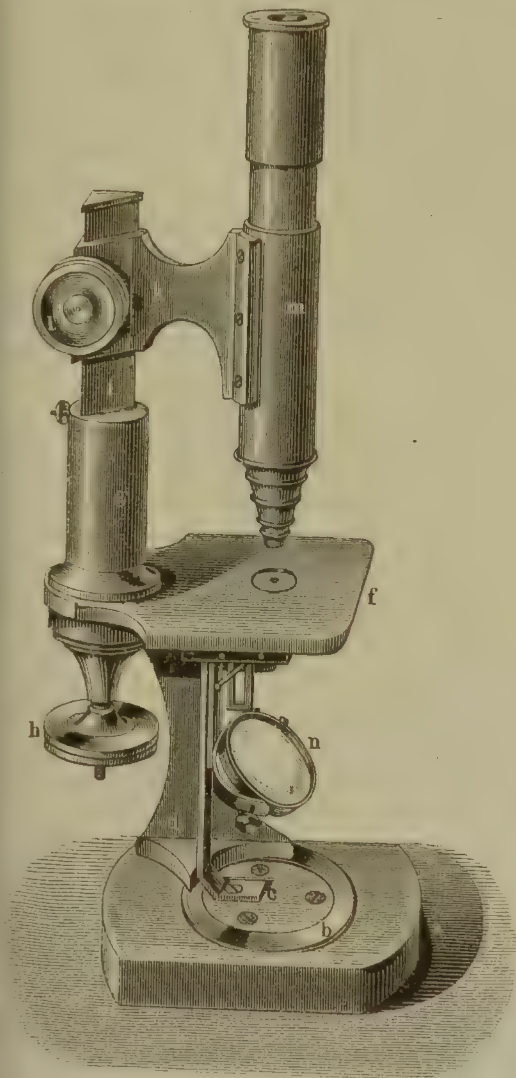
Belthle liefert fünf verschiedene Mikroskope mit drei verschiedenen Stativen, dem grossen, kleinen und kleinsten.

Das grosse Stativ (Fig. 107) ruht auf dem schweren gusseisernen, vierseitigen Fusse *a*, in welchem sich auch die Vorrichtung zur Be-

*) Hr. Rexroth hat unter seinem Namen (H. Rexroth) eine selbstständige Werkstätte gegründet. Dessen Preiscourant stimmt im Wesentlichen mit dem frühern der vereinigten Firma überein (grosses Mikroskop 110 Thlr.); von seinen Leistungen ist mir indessen bis jetzt nichts bekannt geworden.

vegung des Objecttisches um die optische Achse befindet. Es dreht sich ämlich der Ring *b* um die feste centrische Scheibe *c*. Dieser Ring trägt ugleich die mit ihm fest verbundene geschweifte Säule *d*, auf welcher er Mikroskopkörper ruht. Der Objecttisch ist hinreichend gross, 90^{mm} lang und fast ebenso breit, vollkommen fest und solid. Die senkrechte Bewegung trifft nur den Mikroskopkörper. Die Säule *g*, in der sich die Mikrometerschraube zur feinen Einstellung befindet, deren Stellscheibe unterhalb des Tisches bei *h* hervortritt, trägt nämlich die senkrecht bewegliche, dreikantige Stahlsäule *i*. In der Rückseite letzterer ist die gezahnte Stange eingelassen, in welche das mittelst der Schraube *l* bewegliche, zur groben Einstellung dienende Getriebe eingreift, mittelst dessen der, dem Rohre *m* angeschraubte Arm *k* gehoben und gesenkt wird. Als Beleuchtungsapparat dient der Concavspiegel *n*, der nach allen Richtungen, auch ausserhalb der optischen Achse beweglich ist. Die Blendungsvorrichtung besteht aus Cylinderblenden von drei verschiedenen Weiten, welche mittelst Schlittens gewechselt und durch den Arm *o* gehoben und gesenkt werden können. Für die mittleren Mikroskope wird diese Vorrichtung durch eine Diaphragmenscheibe ersetzt, welche sechs verschieden weite runde und eine länglich vierseitige Oeffnung besitzt.

Fig. 107.



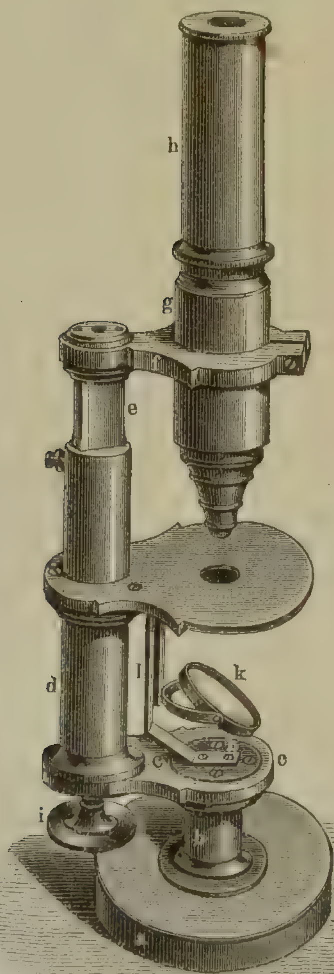
Grosses Mikroskop von Belthle.

Dieses Stativ ist sehr zweckmässig, dauerhaft und schön gebaut. Es besitzt einen festen Stand und ist in seinen Dimensionen höchst bequem zum Arbeiten, indem die Höhe des Objecttisches von dem Arbeitstische nur 115^{mm}, die Höhe des ganzen Instrumentes nur 320 bis 325^{mm} beträgt.

Die Drehung des Tisches ist stetig und correct. Die grobe sowohl als feine Einstellung sind sehr sorgfältig gearbeitet und lassen Nichts zu wünschen übrig. Der Beleuchtungsapparat entspricht ebenfalls gerechten Anforderungen und wäre allenfalls nur noch ein Planspiegel auf der Rückseite des Concavspiegels wünschenswerth.

Nächst dem grossen Oberhäuser'schen Hufeisenstative und dessen Nachbildungen wüsste ich dem grossen Kellner'schen kaum ein anderes an die Seite zu stellen, welches bei gleicher Einfachheit in dem ganzen Baue allen Anforderungen in gleichem Maasse entspräche und mit dem es sich so bequem und sicher arbeitete.

Fig. 108.



Kleines Mikroskop von Belthle.

Mit den Objectivsystemen 0, 1, 2, 3 und 4, den orthoskopischen Ocularen I. bis IV., einem Ocularglasmikrometer, Zeichenprisma und Polarisationsapparate ausgerüstet, kostet dieses Mikroskop 120 Thlr., mit den Objectivsystemen 0, 1, 2 und 3 und den Ocularen I. und III. 85 Thlr., mit dem Objectivsystemen 0, 1 und 3 und den Ocularen I., II. u. III. 80 Thlr. (Nr. 1, 2*a* und 2*b* der Preisliste).

Das kleine Stativ*), Nr. 3 des Verzeichnisses, Fig. 108 hat einen runden Fuss *a*, von welchem der solide Cylinder *l* aufsteigt, auf dem der Körper des Mikroskopes ruht. Dieser ist an dem horizontalen Arm *cc* befestigt, welcher ringförmig endigt und sich um den mittleren soliden Theil des Cylinders *b* dreht auf welchem der Spiegelträger *l* ruht, so dass der Tisch um die optische Achse gedreht werden kann, während der Beleuchtungsapparat feststeht. Der etwa 65mm im Durchmesser haltende Objecttisch ist rund, hinreichend gross und fest. Die Einrichtung zur feinen Einstellung ist der des grossen Statives ähnlich, indem mittelst der Stellschraube *i* die dreikantige Stahl-

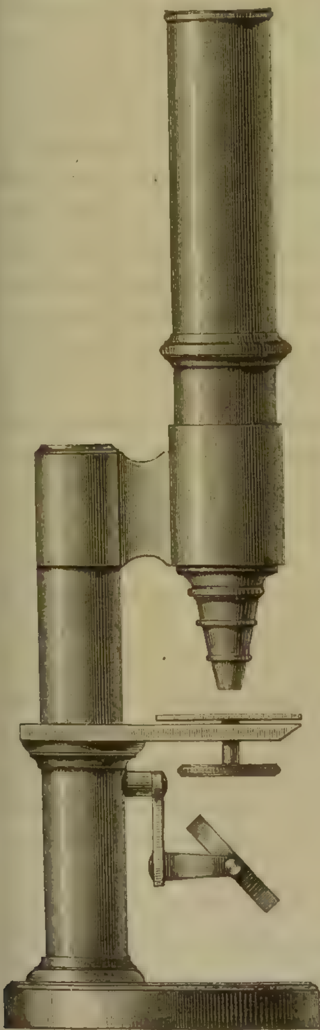
*) In der neuesten Zeit hat dieses Stativ einen ähnlichen Fuss erhalten, wie das grosse.

stange *e* in der Säule *d* gehoben und gesenkt wird. Die grobe Einstellung wird dagegen mittelst Verschiebung des Rohres *h* in der an dem Arm *f* befestigten federnden Hülse *g* bewerkstelligt.

Unter den kleineren Stativen nimmt dieses einen ersten Rang ein, indem mit Einfachheit im ganzen Bau doch grosse Zweckmässigkeit und Vollendung verbunden ist. Mit den Objectivsystemen 0, 1 und 3 und den gewöhnlichen Ocularen I., II. und III. beträgt dessen Preis 50 Thlr., eine Summe, die im Verhältniss zu den Leistungen des Instrumentes durchaus nicht hoch genannt werden darf.

Das kleinste Stativ (Nr. 4 *a*), Fig. 109, hat gleichfalls einen runden Fuss, welcher die Säule trägt, an welcher Spiegel, Objecttisch und Rohr befestigt sind. Die grobe Einstellung geschieht wie bei dem vorigen Instrumente, die feine ist an dem Objecttische angebracht, indem sich über einer fest mit der Säule verbundenen Platte eine zweite befindet, welche (nach Mohl) an der einen Seite festgeschraubt, an der entgegengesetzten sich heben und senken lässt. Obwohl durch diese Art der Einstellung die Tischfläche etwas geneigt wird, so hat dies doch für die Vergrösserungen, welche bei diesem kleinen Mikroskope in Anwendung kommen, keinen erheblichen Nachtheil, wie ich mich bei diesem und anderen ähnlich eingerichteten Instrumenten zu überzeugen Gelegenheit hatte. Mit den Objectivsystemen 1 und 3 und den beiden Ocularen I. und II. ausgerüstet kostet dieses kleinste Mikroskop 35 Thlr., in etwas modificirter mechanischer Ausführung (Nr. 4 *b*) 25 Thlr.

Fig. 109.



Kleinstes Stativ von Belthle.

Belthle liefert sechs verschiedene Objectivsysteme, welche mit den Nummern 0, 1, 2, 2 *a*, 3 und 4 bezeichnet werden, und von denen in neuester Zeit 3 und 4 je nach Wunsch für gerades oder für schiefes Licht eingerichtet werden.

Das System *o*, früher aus einer einzigen, gegenwärtig aus zwei achromatischen Linsen zusammengesetzt, hat eine Brennweite von $36{,}45^{mm}$, einen Oeffnungswinkel von 9^0, und gewährt mit den orthoskopischen Ocularen I., II. und III. Vergrösserungen von 30, 42 und 60. Das Bild ist sehr scharf und farbenfrei und zum Präpariren unter dem Compositum von hohem Werthe.

Das System Nr. 1 hat eine Brennweite von $13{,}5^{mm}$ und einen Oeffnungswinkel von $35^1/_2{}^0$. Die Bilder, welche man mittelst dieses Objectivsystemes erhält, sind sehr scharf begrenzt und klar, jedoch ist das Gesichtsfeld nicht ganz farblos. Die Vergrösserungen betragen 90, 126 und 185. An der Nobert'schen Platte geprüft löst es mit dem Ocular I. die vierte, mit dem Ocular III. die fünfte Gruppe bei centraler Beleuchtung *). In gleicher Weise löst es die entsprechenden natürlichen Probeobjecte.

System 2 mit einer Brennweite von $6{,}75^{mm}$ und 73^0 Oeffnung gewährt Vergrösserungen von 180, 250 und 370. Es löst mit Ocular I. bis III. die achte Gruppe der Nobert'schen Probeplatte, sowie die entsprechenden Probeobjecte. Das Bild ist ausgezeichnet schön, nur zeigen sich der Pinusschnitt und das Stärkekorn schwach gelb gefärbt, ohne dass jedoch merklich gefärbte Ränder der Begrenzungslinien hervortreten.

Das System 3, von dem ich eine grössere Anzahl aus früherer und neuerer Zeit zu prüfen Gelegenheit hatte, ist eines der schönsten Systeme von gleicher Stärke, welche ich kenne. Die Brennweite beträgt bei einem älteren $3{,}5^{mm}$, bei einem neueren Exemplare $3{,}2^{mm}$, der Oeffnungswinkel 85^0 und 100^0 und die Vergrösserungen sind = 420, 660 und 900. Das Bild ist prachtvoll, scharf und rein begrenzt, vollkommen farbenfrei und so lichtstark, dass das System auch bei trübem Lichte noch recht gut die stärksten Oculare verträgt, bei denen die Zeichnung ganz vortrefflich erscheint. An der Nobert'schen Platte geprüft, löst das letztere System noch die elfte und weniger deutlich die zwölfte Gruppe. Auf Pleurosigma angulatum sieht man mittelst dieses letzteren sowohl, wie einiger durch meine Hände gegangener neuesten Systeme bei günstiger Beleuchtung die Streifung sehr zart gezeichnet, während sie bei schiefem Lichte entschieden schön und scharf über die ganze Schale hervortritt.

System 4, welches bei einer Brennweite von $2{,}16^{mm}$ und einer Oeffnung von 90^0 740-, 1060- und 1540mal vergrössert, ist gleichfalls ein sehr schönes Glas. Dasselbe ist hinreichend lichtstark und gewährt vorzügliche, scharf und bestimmt gezeichnete, ganz farbenfreie Bilder. An auflösendem Vermögen übertrifft es das vorhergehende bei geradem Lichte nur wenig, indem es die zwölfte Gruppe der Nobert'schen Platte nur wenig deutlicher löst. Die Streifung auf der Schale von Pleurosigma angulatum, Grammatophora marina und Nitzschia sigmoidea sieht man bei schiefem Lichte ganz gut.

Diese beiden starken Systeme, deren jüngst geprüfte Exemplare das Stärkekorn und den Pinusschnitt etwas gelblich gefärbt erscheinen las-

---

*) Bei den Angaben über die Auflösung der Nobert'schen Platte und dem Probeobjecte ist in diesem ganzen Abschnitt centrale Beleuchtung zu verstehen; wo schiefe Beleuchtung angewendet wurde, ist dies ausdrücklich bemerkt.

sen, sind, wie ich mich durch langen Gebrauch überzeugt habe, für die feineren histiologischen Untersuchungen ausgezeichnet. Ich fand dieselben in dieser Beziehung von keinem der gleichstarken neueren Systeme übertroffen, wenn dieselben auch an auflösendem Vermögen höher standen.

Die Oculare, welche Belthle liefert (er führt drei gewöhnliche (I. bis III.), vier orthoskopische und ebenso viele aplanatische (I. bis IV.), die sich an Vergrösserungskraft gleich stehen), sind ebenfalls sehr schön und zeichnen sich namentlich die orthoskopischen durch ihr grosses und ebenes Gesichtsfeld, sowie durch ihre Lichtstärke aus. Das erste dieser letztern vergrössert das virtuelle Bild etwa siebenmal und verhalten sich die in meinem Besitze befindlichen I. bis III. wie 1 : 1,4 : 2,05.

Jedes der gewöhnlichen Oculare wird mit 3, jedes der orthoskopischen mit 6, der aplanatischen mit 7 Thlr. berechnet. Die Objectivsysteme kosten: Nr. 0 6 Thlr., Nr. 1 9 Thlr., Nr. 2 10 Thlr., Nr. 2 *a* 11 Thlr., Nr. 3 12 Thlr. und Nr. 4 15 Thlr. *).

Von den Nebenapparaten, welche man von Hrn. Belthle in sehr solider Weise ausgeführt erhalten kann, wird der Harting'sche Beleuchtungsapparat mit 20 Thlr., der Polarisationsapparat (Analysator über dem Ocular) mit 10 Thlr., das Gerling'she Zeichenprisma mit 5 Thlr., ein Compressorium mit 6 Thlr, ein Ocularglasmikrometer ($2^1/_2{}^{mm} = 50$ Theile) ohne Fassung mit 3 Thlr., mit Fassung mit 4 Thlr. berechnet.

L. Bénèche in Berlin (früher Bénèche und Wasserlein). Bénèche war neben Kellner und Nobert einer der ersten Optiker Deutschlands, welche, dem Beispiele Amici's und Oberhäuser's folgend, die Vergrösserung mehr in die Objectivsysteme als in die Oculare verlegten. Seit 1852 fertigte derselbe dieselben Nummern von Objectivsystemen wie Oberhäuser, den er sich überhaupt bei seinen Instrumenten zum Muster genommen, und es wurde mehrseitig günstig über deren Leistungsfähigkeit geurtheilt. Ein im Sommer 1855 von ihm erhaltenes grosses Mikroskop stand mit den damaligen von Oberhäuser etwa auf gleicher Stufe. Seitdem aber hat derselbe sich es fortwährend angelegen sein lassen, die Leistungen seiner Objectivsysteme zu erhöhen, wobei er namentlich (und hierfür gebührt das Verdienst vorzugsweise meinem seligen Freunde Schacht, der Bénèche stets mit seinem Rathe zur Seite stand) auf die Bedürfnisse des praktischen Mikroskopikers Rücksicht genommen hat.

Bénèche liefert fünf verschiedene Mikroskope. Die beiden ersten (*A* und *B*), welche sich nur durch ihre Dimensionen unterscheiden, gleichen ganz und gar dem grossen Oberhäuser'schen Hufeisenstative und verweise ich daher auf dessen Beschreibung Seite 156. Das Stativ *A* wird in der Regel mit den Systemen 4, 7, 8, 9 (dieses nur für schiefe Be-

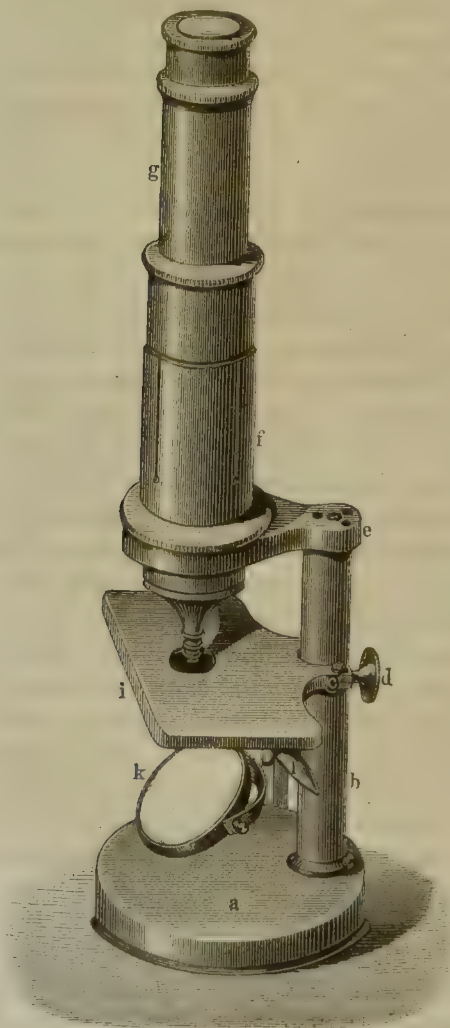
*) In neuester Zeit kommen hierzu noch 3 Eintauchsysteme von $1/_8$, $1/_{12}$ und $1/_{16}''$ Brennweite zu 20, 25 und 30 Thaler.

leuchtung) und 11, sowie mit den Ocularen I. bis V., wovon eins mit Ocularmikrometer, ausgerüstet und kostet 170 Thlr., zum Umlegen eingerichtet 185 Thlr.

Stativ *B* mit sonst gleicher Ausrüstung, aber ohne System 11 kostet 100 Thlr., zum Umlegen eingerichtet 110 Thlr.

Das Stativ *C* gleicht den beiden vorhergehenden. Es ist nur kleiner, hat keinen drehbaren Tisch und keinen Schlitten zum Wechseln der Blendungen. Mit den Systemen 4, 7 und 8 und den Ocularen 1, 2, 3 und 5 (2 mit Ocularmikrometer) wird dasselbe zu 60 Thlr. berechnet. Die Objectivsysteme 9 und 11 lassen sich an diesem Stative gleichfalls verwenden und ändert sich durch deren Beigabe der Preis in entsprechender Weise.

Fig. 110.



Mikroskop Nr. D von Bénèche.

Ich habe mehrfach Gelegenheit gehabt, mich von der Brauchbarkeit dieses Statives zu überzeugen und kann es allen denen empfehlen, welche sich nicht eines der grösseren anschaffen und auf die Drehung des Tisches verzichten wollen.

Das kleine Mikroskop *D* hat einen runden Fuss *a*, von dem sich die Säule *b* erhebt, welche den seitlich verstellbaren Spiegel (*k*), den Objecttisch *i* und an dem Arme *e* den Körper (*f* und *g*) trägt. Die grobe Einstellung geschieht wie bei den grossen Stativen durch Verschiebung des Rohres *g* in der federnden Hülse *f*. Die feine Einstellung ist an dem Objecttische angebracht, welcher mittelst zweier Stahlstifte *c* beweglich an der Säule *b* aufgehängt ist. Sie wird mittelst der Schraube *d* bewerkstelligt, welche (Fig. 110) durch die Säule geht, nach vorn gegen eine mit dem Objecttische fest verbundene Stahlplatte drückt und so jenen beim Vorwärtsdrehen hebt, während er beim Rückwärtsdrehen durch den Druck einer starken Feder nach abwärts gezogen wird. Als Blendungsvorrichtung

dient eine Diaphragmenscheibe (in der neueren Zeit nach Zeiss glockenförmig) mit zwei Oeffnungen, welche mittelst des Armes *k* bewegt wird. Mit den Systemen 4 und 7, den Ocularen 1, 2 und 4 und einem Ocularmikrometer zum Einlegen ausgestattet, kommt das Mikroskop *D* auf 30, und wenn noch System 8 beigefügt wird, auf 40 Thlr. zu stehen.

Dieses Mikroskop, im Verhältniss zu seinem optischen Apparate sehr billig, ist äusserst compendiös und namentlich auf Reisen recht bequem. Mit der Art und Weise, wie die feine Einstellung angebracht ist, kann ich mich indessen nicht ganz einverstanden erklären; ebenso ist der Tisch zu schmal. Wenn Hr. Bénèche, nachdem er bereits die Blendungsvorrichtung verbessert hat, um auch System 11 mit Vortheil benutzen zu können, sich dazu entschliessen würde, nach Art der kleinen Mikroskope von Zeiss die feine Einstellung an der Säule anzubringen und den Objecttisch etwas zu verbreitern, so könnte er den Werth dieses kleinen Mikroskopes nur steigern, und wenn er auch den Preis um einige Thaler erhöhen müsste, so würde das nichts zu sagen haben.

Das kleinste auf Taschenformat zusammenzuschiebende Mikroskop *E*, bei dem ein Theil des Kastens als Fuss dient, besitzt nur ein System 6 und Ocular 3, womit es drei Vergrösserungen gewährt. Es kostet 18 Thaler und mag für manche Zwecke ganz wohl ausreichen. Ich selbst habe keine Gelegenheit gehabt, es näher kennen zu lernen*).

Der optische Theil der Mikroskope von Bénèche war an allen Instrumenten, die ich näher prüfen konnte, im Ganzen gut construirt. Namentlich verdienen seine neueren Systeme 7, 8 und 11, welche ich besitze und welche für gerades Licht berechnet sind, Anerkennung. Dieselben zeichnen sich durch Farblosigkeit des Gesichtsfeldes und des Bildes aus, kommen dagegen an Schärfe des letzteren nicht ganz den Systemen von Belthle, Hartnack und Zeiss gleich. Das Bild ist im Ganzen immer etwas matter, die Linien weniger scharf und nicht so fein gezogen, wie bei jenen. Einen so scharfen Tadel, wie man ihn von manchen Seiten gegen Bénèche ausgesprochen hat, kann ich nach den Leistungen meiner eigenen Systeme (älterer und neuerer Zeit) nicht für ganz gerechtfertigt halten. Wenn es bei Bénèche hier und da an Gleichmässigkeit in den Leistungen der gleichen Nummern von Objectivsystemen fehlt, so glaube ich das seinen fortwährenden Aenderungen in Form und Abstand der einzelnen Linsen zuschreiben zu müssen, wodurch er die Leistungsfähigkeit seiner Gläser zu erhöhen suchte. Hat er jedoch einzelne unvollkommene Systeme abgegeben, so ist das ein Fehlgriff, den er sich nicht zu Schulden hätte kommen lassen sollen und der eine Rüge wohl verdient hat.

---

*) In neuester Zeit liefert Bénèche auch kleine Mikroskope zu 15 bis 18 Thlr., welche im Baue dem Stative D ähnlich sind. Ich habe Gelegenheit gehabt, einige derselben zu sehen und kann nur anerkennend darüber urtheilen. Für ernstere Untersuchungen taugen aber natürlich alle derartige, mit unzureichendem optischen Apparate versehene, wohlfeile Instrumente nicht.

Die Objectivsysteme, welche Bénèche in der Regel liefert, sind Nr. 4 zu 10 Thlr., Nr. 7 zu 15 Thlr., Nr. 8 zu 15 Thlr., Nr. 9 zu 20 Thlr. und Nr. 11 zu 25 Thlr.

Das System 4, Brennweite = 15^{mm}, Oeffnung = 20°, gibt mit den fünf Ocularen Vergrösserungen von 50-, 70-, 90-, 100- und 150mal und gewährt ein recht scharfes und farbloses Bild. Von der Nobert'schen Platte löst es die zweite Gruppe vollständig, die dritte weniger klar.

System 7 hat eine Brennweite von 4,6^{mm}, eine Oeffnung von 67° und vergrössert 145-, 200-, 260-, 340- und 435 mal. Das Bild von organischen Gegenständen, das man mittelst desselben erhält, ist vollkommen farbenfrei und hinreichend bestimmt gezeichnet, steht aber an Schärfe der Linien etwas gegen die Bilder der gleich starken Systeme von Belthle, Zeiss und Hartnack zurück, denen es auch an auflösendem Vermögen nicht ganz gleichkommt. Von der Nobert'schen Platte löst es die siebente Gruppe noch gut und bei günstigem Lichte treten mit den stärkeren Ocularen auch die Querstreifen auf den Schüppchen der Hipparchia Janira, sowie die Zeichnung auf der Schale von Pleurosigma formosum hervor, eben so die Querstreifen der trocken eingelegten Pleurosigma attenuatum.

System 8 hat gleiche Oeffnung wie das vorige und eine Brennweite von 3,4^{mm}. Die Vergrösserungen habe ich zu 200, 275, 350, 396 und 600 bestimmt. An der Nobert'schen Platte geprüft, löst es die achte und annähernd auch die neunte Gruppe, ebenso erkennt man die Querstreifen auf der Schale von Pleurosigma attenuatum in Balsam aufbewahrt. Das System zeichnet sich namentlich durch seinen verhältnissmässig grossen Abstand, sowie durch die Farblosigkeit und bedeutende Lichtstärke der Bilder aus, die im Uebrigen denen des Systemes 7 nahe kommen.

Das System 9, welches Bénèche in neuerer Zeit ausschliesslich für schiefe Beleuchtung eingerichtet hat (die frühern Systeme 9 waren auch für gerades Licht brauchbar), besitzt eine Brennweite von 2,76^{mm}, einen Oeffnungswinkel von 97° und vergrössert 240-, 320-, 430-, 530- und 720mal. Das Bild (bei schief einfallendem Lichte) ist zwar nicht ganz farbenfrei, aber scharf und bestimmt gezeichnet. Bei derselben Beleuchtung löst es von der Nobert'schen Platte die 22. Gruppe noch recht gut. Die Probeobjecte aus der Reihe der Diatomaceenschalen löst es bis zu Nitzschia sigmoidea ganz befriedigend, wenn auch nicht in der Vollkommenheit, wie die Systeme 9 und 10 von Hartnack, die indessen auch weit stärker vergrössern.

Dieses Objectivsystem, für gerades Licht absolut unbrauchbar, kann ich allen denen empfehlen, die sich mit der Systematik der Diatomaceen befassen und nicht eines der theureren Systeme anschaffen wollen.

System 11 eignet sich recht gut für die feineren histiologischen Untersuchungen und zeichnet sich namentlich durch seinen bedeutenden Abstand von der Oberfläche des Deckglases aus. Die Bilder sind farblos und die bestimmt gezeichneten Grenzlinien zeigen einen nur wenig gelb

gefärbten Rand. Die Lichtstärke lässt nichts zu wünschen übrig. Die Brennweite beträgt 2,3^{mm} und die Oeffnung 78^0. Von der Nobert'schen Platte wird noch die zehnte Gruppe gelöst und die Querstreifen der Synedra fulgens treten deutlich hervor. Schiefes Licht verträgt das System nicht gut und ist dabei von den Streifen auf Pleurosigma angulatum kaum etwas zu sehen.

Bénèche liefert auch die erforderlichen Nebenapparate in solider Ausführung und kosten bei ihm:

Ein Polarisationsapparat, Analysator über dem System	20	Thlr.
" " " " " Ocular	25	"
" Objectglasmikrometer (1^{mm} in 400 und 100 Theile)	5	"
" Ocularglasmikrometer (1^{mm} = 10)	1	"
" Zeichenprisma	5	"
" " nach Nachet	7	"
" Compressorium	5	"
" Goniometer	20	"
" Ocular mit verstellbarem Mikrometer	10	"
Eine Beleuchtungslinse auf Fuss 3″ oder 2″ Durchmesser	15 u. 10	"

Engelbert und Hensoldt in Wetzlar. Diese beiden Optiker, soweit mir bekannt, in dem optischen Institute zu Wetzlar unter Kellner's Leitung ausgebildet, haben sich die von diesem ausgehenden Mikroskope zum Muster genommen und liefern, soviel ich mich durch die Prüfung eines kleinen Mikroskopes mit sämmtlichen Objectivsystemen und Ocularen zu überzeugen Gelegenheit hatte, recht gute Instrumente, welche indessen in optischer Beziehung denen von Belthle nicht ganz gleichkommen.

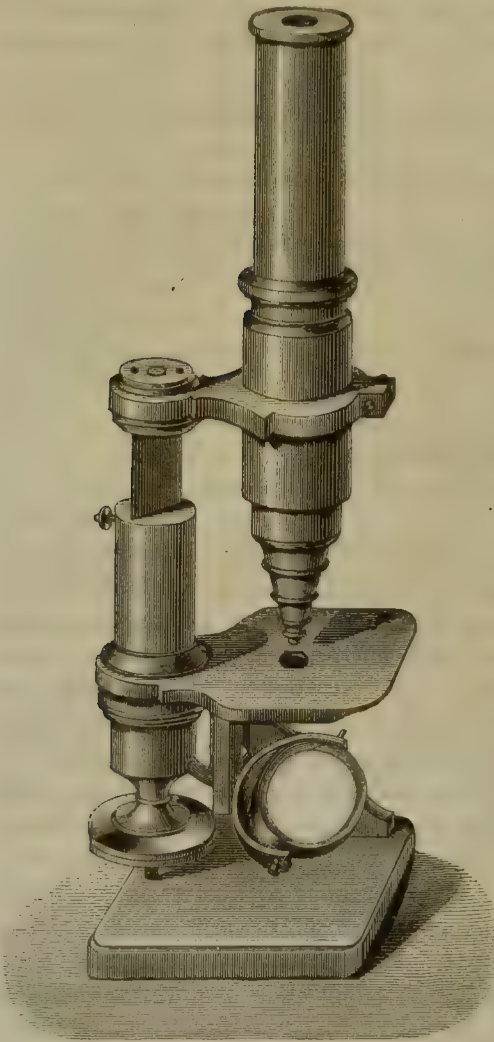
Das grosse Mikroskop (Nr. 1, 2 und 3 des Preisverzeichnisses) hat dasselbe Stativ, wie das grosse Mikroskop von Belthle. Mit den Objectivsystemen 0, 1, 2 und 3, den Ocularen I., II. und III. (orthoskopisch) und einem Ocularschraubenmikrometer ausgerüstet, kostet dasselbe 97 Thlr., ohne System 0 und das Mikrometer 80 Thlr.; mit den Systemen 0, 1 und 3, den Ocularen I., II. und III. und Ocularglasmikrometer (1^{mm} = 20) 75 Thlr. Die Drehung des Tisches fehlt allen drei Instrumenten.

Das kleinere Mikroskop Nr. 4, das ich in Fig. 111 (a. f. S.) abgebildet habe, zeichnet sich durch sein compendiöses Stativ mit hinreichend grossem und festem Objecttisch aus. Die grobe Einstellung geschieht durch Verschiebung des Rohres, die feinere ist an der Säule in ähnlicher Weise angebracht, wie bei dem Mikroskope 3 von Belthle. Als Blendungsapparat dient eine mit vier Oeffnungen versehene Diaphragmenscheibe. Mit den Objectivsystemen 0, 1, 2 und 3, den Ocularen I. und II. und einem Ocularglasmikrometer versehen, beträgt dessen Preis 65 Thlr., ohne System 2 53 Thlr.

Ausser diesen vier, liefern Engelbert und Hensoldt noch drei kleine Mikroskope etwas anderer Construction, die je nach ihrer Ausrüstung 50, 48 und 38 Thlr. kosten.

Die vier Objectivsysteme, von denen mit den drei Ocularen 0 (à $2^1/_2$ Thlr.) 33-, 65- und 80mal, 1 (à 10 Thlr.) 86-, 175- und 250mal, 2 (à 12 Thlr.) 160-, 330- und 450-mal, 3 (à 14 Thlr.) 350-, 700- und 900 mal vergrössert, sind denen von Kellner nachgebildet und kommen in ihrer Leistungsfähigkeit denen von Belthle ziemlich nahe, ohne jedoch deren volle Schärfe der Zeichnung und auflösendes Vermögen ganz zu erreichen. Auch ist das ganze Bild selbst bei den stärksten Systemen Nr. 3 noch etwas gelb gefärbt.

Fig. 111.



Kleines Mikroskop von Engelbert und Hensoldt.

Die Oculare, ebenfalls den Kellner'schen ähnlich, haben wie diese ein grosses Gesichtsfeld und werden I. und II. zu je 5 Thlr., III., welches orthoskopisch ist, zu 6 Thlr. abgegeben.

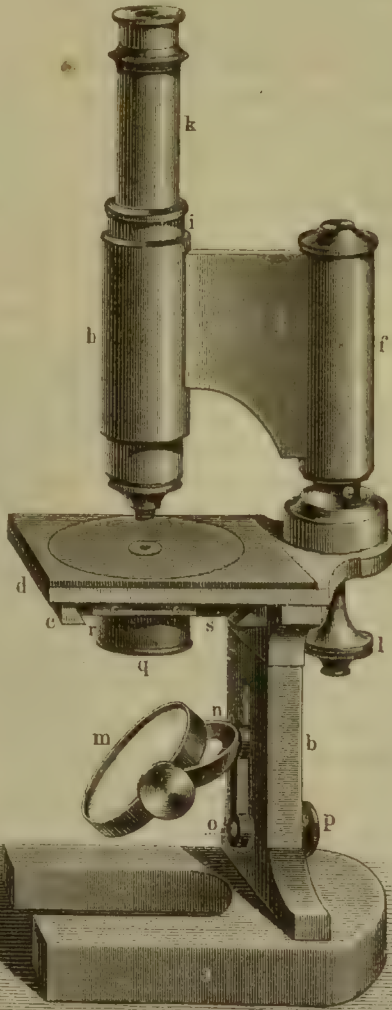
E. Hartnack zu Paris (Place Dauphine 21). Hartnack hat seit einigen Jahren das optische Institut seines Oheims Georg Oberhäuser, bei dem er seit dem Ende der vierziger Jahre thätig und mit welchem er mehrere Jahre als Compagnon vereinigt war, auf eigne Rechnung übernommen und führt dasselbe nicht nur mit dem alten, wohlverdienten Rufe fort, sondern hat ihm durch seine rastlosen und mit dem schönsten Erfolge gekrönten Bemühungen in Bezug auf die Vervollkommnung der schwächeren sowohl, als namentlich auch der stärkeren Objectivsysteme ganz neue Bahnen eröffnet.

Hartnack führt acht verschiedene Mikroskopgrössen, welche den höchst gesteigerten sowohl, als den geringsten Anforderungen genügen. Ich werde mich hier indessen auf die Beschreibung der drei gangbarsten Sorten beschränken.

Das grosse, unter dem Namen Hufeisenstativ, Fig. 112, bekannte und mit Recht von vielen Optikern nachgeahmte Stativ ist eines der

schönsten, solidesten und zweckmässigsten, die ich kenne. Es ist in vollem Sinne des Wortes ein Musterstativ. Leicht transportabel ist dasselbe allerdings nicht, wie es ebensowenig die grossen Instrumente anderer Form sind. Zum Reisebegleiter wird es daher nicht, oder doch nur in einzelnen Fällen dienen können. Dagegen ist es, seines sehr festen Standes, seiner mässigen Höhe von etwa 360mm, überhaupt seines ganzen Baues halber ein Instrument für den Arbeitstisch des Mikroskopikers, welcher sich mit den schwierigeren Untersuchungen zu beschäftigen hat, wie er sich kaum ein vortrefflicheres wünschen kann. Mit grosser Solidität und Einfachheit der Construction vereinigt dasselbe eine solche Vollständigkeit des wirklich Nothwendigen, dass man bei keiner Arbeit von demselben im Stiche gelassen, aber auch eben so wenig durch überflüssiges Schrauben und andere Anhängsel beengt wird.

Fig. 112.



Grosses Hufeisenstativ von Hartnack.

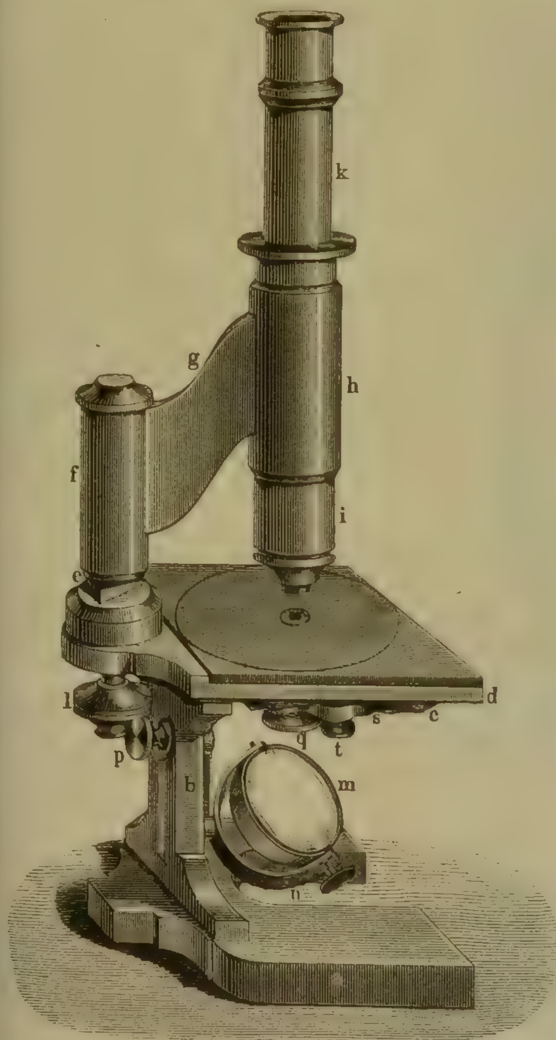
Der solid gearbeitete und schwere hufeisenförmige Messingfuss *a* (Fig. 112) trägt die vierseitige, mit ihm durch Schrauben fest verbundene, in der Mitte eingeschnittene Säule *b*, auf welcher der ganze Körper ruht. Mit dieser Säule ist die horizontale Platte *c* verbunden, welche den quadratischen 100mm breiten, etwa 130mm über dem Arbeitstisch stehenden, an den neuern Stativen mit einer dicken schwarzen Glastafel belegten Objecttisch *d* trägt. Dieser lässt sich mittelst einer runden Scheibe, welche in einem entsprechenden Einschnitte jener Platte läuft,

sammt dem Rohre um seine Achse drehen. Von dem hintern geschweiften Ende des Objecttisches aus erhebt sich die Säule *e* und der über ihr eingeschliffene, gleitende Hohlcylinder *f*, an welchem der breite Arm *g* mit der federnden Hülse *h* befestigt ist, innerhalb der sich das aus zwei Stücken *i* und *k* bestehende, verkürzbare Rohr zum Behufe der groben Einstellung etwas schwer, aber sanft auf- und abschieben lässt. Die feine Einstellung befindet sich an der Säule *e*. Diese ist nämlich hohl und enthält in ihrem Innern eine starke Spiralfeder, welche gegen das geschlossene Ende der äusseren Hohlsäule *f* drückt und dieselbe zu heben strebt. Am unteren Ende der inneren Säule ist zugleich die Spindel einer mit letzterer fest verbundenen Mikrometerschraube befestigt, welche bis unter den Objecttisch reicht, wo der mit einer Mutter versehene Schraubenknopf *e* angebracht ist. Durch Anziehen dieser Mutter der Mikrometerschraube wird die Spindel, mit ihr die Hohlsäule *f* und somit das Rohr, welches den optischen Apparat trägt, über die innere Säule *e* nach abwärts gezogen und dem Objecttische genähert, während beim Rückwärtsdrehen die Spiralfeder vermöge ihrer Spannkraft die genannten Theile des Körpers hebt und den optischen Apparat von dem Objecttische entfernt. Damit nicht eine seitliche Drehung der äusseren Säule um die innere stattfinden kann, ist bei den neueren Stativen diese letztere scharf dreikantig, und war bei den älteren Stativen mit Rundsäulen ein Theil der äusseren Säule ausgeschnitten und zu etwa $^{2}/_{3}$ seiner Länge mit der letzteren durch Schrauben fest verbunden, so dass ein Schieber gebildet wurde, der zwar eine Bewegung nach auf- und abwärts, nicht aber eine seitliche Drehung zuliess. Der Spiegel *m* hängt mittelst des drehbaren Bügels *n* an der Kurbel *o*, deren horizontaler Arm sich mittelst der Stellschraube *p* in dem Ausschnitte der Säule *b* verschieben und feststellen lässt. Auf diese Weise kann der Spiegel nicht nur allseitig bewegt, sondern auch höher und tiefer gestellt werden, um je nach Bedürfniss einen Lichtkegel von grösserem oder kleinerem Durchmesser auf das Object fallen zu lassen. Als Blendungsapparat dienen drei verschiedene Cylinderblendungen von je 4, 1,5 und $0{,}75^{mm}$ Weite. Diese werden in die Röhre *q* eingesetzt, welche in der unten an dem Schlitten *s* befestigten, federnden Hülse *r* auf- und abgeschoben werden kann. Der Schlitten wird mittelst des geränderten Knopfes *t* (Fig. 113) in den schwalbenschwanzförmigen Einschnitt des Objecttisches geschoben, so dass man während der Beobachtung die Blendungen wechseln kann, ohne das Object berühren zu müssen.

Mit den Objectivsystemen 4, 7, 8 und 9 (ohne Correctionsvorrichtung etc.), den sämmtlichen Ocularen I. bis V., einem Ocularmikrometer und einer grossen Beleuchtungslinse auf eigenem Fuss ausgestattet, kostet dieses Mikroskop 650 Franken oder circa 175 Thlr. Nimmt man aber die Systeme 2, 4, 5, 7 und das neue System 9 mit Verbesserungseinrichtung und zum Eintauchen, so steigt der Preis auf 750 Frcs. oder 200 Thlr.

Das mittlere Hufeisenstativ (Fig. 113), welches Hartnack erst seit dem Sommer vorigen Jahres anfertigt, stimmt in seinem Bau und seinen einzelnen Theilen (*a* — *t*) mit dem grossen fast vollständig überein. Was es vor diesem, dessen Vorzüge es bewahrt, noch auszeichnet, ist seine Compendiosität, indem alle Verhältnisse auf ein etwas kleineres Maass zurückgeführt sind. Seine Gesammthöhe beträgt ungefähr 330mm. Die Fläche des quadratischen, 80mm Seite haltenden, mit einer matten, geschwärzten Glastafel belegten Objecttisches liegt 117mm über dem Arbeitstische und ist zwischen ihm und dem Fusse noch hinreichender Raum gelassen, um die freie Bewegung des Beleuchtungsapparates, der Polarisationsvorrichtung u. s. w. zu gestatten. In dem vorigjährigen Preisverzeichnisse von Hartnack ist dieses Mikroskop noch nicht aufgeführt. Sein Preis wird sich aber, wenn es mit den Systemen 2, 4, 7 und 9 neuerer Construction, mit sämmtlichen Ocularen, mit Beleuchtungslinse auf besonderem Fusse u. s. w. ausgerüstet ist, nach meiner Berechnung auf circa 500 bis 550 Franken, also auf 130 bis 145 Thaler stellen. Nimmt man statt des gewöhnlichen Systemes 9 das mit Verbesserungseinrichtung versehene und zum Eintauchen bestimmte, desgleichen mehrere Systeme u. dgl., so erhöht sich der Preis entsprechend, im ersten Falle um 75 Frcs.

Fig. 113.



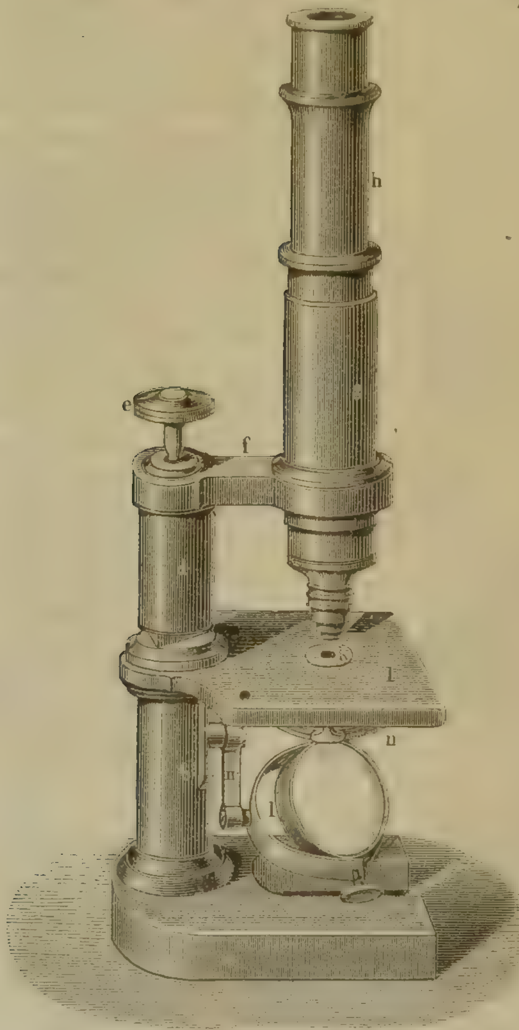
Hartnack's mittleres Hufeisenstativ.

Das neue kleine Stativ, Fig. 114 (a. f. S.), in dem Preisverzeichnisse unter Nr. 8 aufgeführt, ist in seiner Art ebenso vortrefflich, wie

die grösseren. Es ist ziemlich compendiös, leicht transportabel, ein herrlicher Reisebegleiter und bietet mit Ausnahme der Drehung um die optische Achse alle Vortheile der letzteren.

Der Fuss *a* ist gleichfalls hufeisenförmig, nur kleiner, als bei den grossen Stativen. Von seinem hinteren Theile erhebt sich die Rundsäule *b*, welche oberhalb des Objecttisches in das dreiseitige Prisma *c* übergeht, über dem sich die in ihrem unteren Theile dreiseitig ausgeschnittene, in ihrem oberen Theile zur Aufnahme einer starken Spiralfeder hohlcylindrische Säule *d* in senkrechter Richtung verschieben lässt. Diese Einrichtung dient der feinen Einstellung, welche mittelst des geränderten Mutterknopfes *e* bewerkstelligt wird. Die grobe Einstellung geschieht durch Verschiebung des Rohres *h* in der an dem Querarm *f* befestigten, federnden Hülse *g*. Der mit der untern Säule *b* fest verschraubte Objecttisch *i* ist viereckig, 77^{mm} lang, 60^{mm} breit und steht 90^{mm} über der Fläche des Arbeitstisches. Der Spiegel ist, mittelst der Kurbe *m* an derselben Säule aufgehängt, in der Achse sowohl als ausserhalb der Achse beweglich. Der Blendungsapparat gleicht vollständig demjenigen der grossen Stative. Das ganze Instrument hat bei ausgezogenem Rohre eine Höhe von 300^{mm}.

Fig. 114.



Kleines Hufeisenstativ. Mikroskop Nr. 8 von Hartnack.

Mit den Systemen 4, 7 und 8, drei Ocularen (nach Wahl), einer Beleuchtungslinse und einem Ocularglasmikrometer versehen, kostet dasselbe 250 Franken, circa 66 Thlr., wenn statt 8 das neue System 9 zum Eintauchen genommen wird, 375 Frc. = 100 Thlr. In letzterem Falle hat man dann aber auch ein Instrument, welches für alle Untersuchungen

der Pflanzen- und Thierhistiologie vollkommen ausreicht. Will man eine noch vollständigere Ausrüstung (ich selbst besitze das Stativ mit den Systemen 2, 4, 5, 7, 8, 9 und 10 [zum Eintauchen] und den Ocularen 1, 3 und 4), so steigt der Preis um die Preise der weiter beigegebenen Objectivsysteme.

Das kleine Stativ Nr. 3 hat den bekannten trommelförmigen Fuss, wie das früher häufig benutzte *microscope condé*, dagegen einen grösseren, feststehenden Objecttisch und die feine Einstellung an der von dem Objecttisch sich erhebenden Säule, welche an einem Querarm die Hülse zum Einschieben des Rohres trägt. Der Spiegel ist nur in der optischen Achse beweglich und als Blendungsvorrichtung dient eine drehbare Diaphragmenscheibe. Mit den Systemen 4 und 7, zwei Ocularen und einer Beleuchtungslinse ausgerüstet, stellt sich dessen Preis auf 37$^1/_3$ Thlr. (140 Frcs.), wenn das System Nr. 8 hinzukommt auf 50 Thlr. (190 Fr.). Für dieses letztere Modell wäre der Wegfall des trommelförmigen Fusses, dessen Ersatz durch eine Säule und die damit verbundene allseitige Beweglichkeit des Spiegels eine wünschenswerthe und vortheilhafte Verbesserung. Es würde dann etwa den kleinen Stativen von Nachet und Zeiss an die Seite gestellt werden können.

Die fünf Oculare Hartnack's zeichnen sich durch ein fast ganz ebenes und gegen das frühere etwas vergrössertes Gesichtsfeld aus. Das schwächste vergrössert das objective Bild etwa 3$^1/_2$ mal, und ist das Verhältniss ihrer Vergrösserungskraft wie 1 : 1,15 : 1,5 : 2,7 : 3,3. Jedes derselben wird mit 10 Franken oder 2 Thlr. 20 Sgr. berechnet.

Objectivsysteme liefert Hartnack 11 verschiedene Nummern und zwar diejenigen älterer Construction Nr. 1 à 12 Fr., Nr. 2, 3 und 4 à 20 Fr., Nr. 5 à 30 Fr., Nr. 6 und 7 à 35 Fr., Nr. 8 à 40 Fr., Nr. 9 à 60 Fr.; diejenigen neuerer Construction: Nr. 1 à 15 Fr., Nr. 2 à 20 Fr., Nr. 3 à 25 Fr., Nr. 4 à 30 Fr., Nr. 5 à 35 Fr., Nr. 6 à 35 Fr., Nr. 7 à 40 Fr., Nr. 8 à 50 Fr., Nr. 9 à 75 Fr. Die drei zum Eintauchen bestimmten und mit Verbesserungseinrichtung versehenen Systeme Nr. 9, 10 und 11 werden das erstere zu 150 Fr., das zweite zu 200 Fr. und das letztere zu 250 Fr. berechnet.

In der Vervollkommnung seiner Objective, namentlich auch in der Vergrösserung des Oeffnungswinkels hat Hartnack in den letzten Jahren sehr bedeutende Fortschritte gemacht, und seine neueren Systeme zeigen daher auch ein weit höheres Auflösungsvermögen, als die älteren von gleicher Nummer. Ausserdem aber besitzen dieselben sämmtlich eine sehr vollkommene Verbesserung der sphärischen Abweichung und liefern ganz vorzüglich scharfe Bilder. Auch die Lichtstärke ist sehr bedeutend, so dass noch die stärksten Oculare vertragen werden. Einzelne der schwächeren Systeme 4, 5, 7 und 8 liefern dagegen etwas gelb gefärbte Bilder organischer Objecte und es zeigen, z. B. 4 und 5, schwache blaue Farbensäume, was bei 7 und 8 nicht der Fall ist. Bei den beiden letzteren ist in neuerer Zeit auch die gelbe Färbung des Ge-

sammtbildes in hohem Grade beseitigt, und die beiden Eintauchungssysteme gehören in Bezug auf die Verbesserung der chromatischen Abweichung wie auf Farblosigkeit des ganzen Bildes zu dem Schönsten, was ich kenne.

Nach mündlicher Mittheilung Hartnack's werden die Systeme 2, 4, 5, 7, 8, 9 und 10 am häufigsten verlangt, weshalb ich mich auf deren nähere Prüfung beschränkt habe.

System 2 mit einer Brennweite von 31,2^{mm} gewährt mit den Ocularen 1, 3 und 4 Vergrösserungen von 25, 38 und 65, zeichnet sich durch grossen Abstand, Lichtstärke und scharfe, farbenfreie Bilder aus und besitzt einen hohen Werth zur Beobachtung undurchsichtiger Objecte sowohl, als solcher durchsichtiger Gegenstände, von denen man sich einen allgemeinen Ueberblick verschaffen will.

Das System 4 hat eine Brennweite von 10,4^{mm}, einen Oeffnungswinkel von 39^{0} und vergrössert mit den drei oben genannten Ocularen 75-, 112- und 198mal. Mit Ocular III. erhielt ich an der Nobert'schen Platte die sechste Gruppe noch deutlich gelöst. Das Bild organischer Objecte ist sehr scharf und bestimmt gezeichnet, und es treten z. B. bei den stärkeren Ocularen die Ringe auf dem Stärkekorn, sowie die Streifen der willkürlichen Muskelfasern sehr bestimmt hervor.

System 5, mit einer Brennweite von 6,25^{mm}, einer Oeffnung von 80^{0}, gibt Vergrösserungen von 125, 190 und 340, hat aber schon einen ziemlich geringen Abstand von der Deckglasoberfläche (etwa 1^{mm}). Es löst mit Ocular III. die neunte Gruppe der Nobert'schen Platte, und die Querstreifen auf den Flügelschuppen der Hipparchia Janira, sowie die Zeichnung auf der Schale von Pleurosigma attenuatum treten deutlich hervor. Bei schiefer Beleuchtung ist selbst die Streifung auf der Schale von Pleurosigma angulatum zu sehen, eine Leistung, die meines Wissens von keinem gleichwerthigen Systeme erreicht wird. Das Bild organischer Objecte ist scharf und klar, dagegen im Ganzen etwas stark gelb gefärbt und an den Begrenzungslinien nicht ganz ohne Farbensäume (blau).

Das System 7 hat eine Brennweite von 3,12^{mm}, eine Oeffnung von 105^{0} und liefert 250-, 380- und 680malige Vergrösserungen. Sein Abstand ist klein und verlangt es schon ein dünnes Deckglas von etwa 0,2^{mm}. Von der Nobert'schen Platte löst es bei geradem Lichte die 11. Gruppe noch sehr vollkommen, weniger gut die 12., ebenso die entsprechenden natürlichen Probeobjecte. Bei recht günstiger Beleuchtung sieht man auf dem Rande der Schale von Pleurosigma angulatum die Streifung zwar nur leise gezeichnet, aber doch bestimmt erkennbar. Die Zeichnung zarter organischer Objecte ist ausgezeichnet rein und bestimmt, ohne alle Farbensäume. Die bei früheren Exemplaren noch hervortretende gelbliche Färbung des Stärkekornes, der Pinuszellen etc. ist in den neuesten, die ich vor kurzer Zeit zur Ansicht erhielt, in hohem Maasse beseitigt, und die Lichtstärke noch etwas erhöht, so dass das System Vorzügliches

zu leisten vermag. Mittelst schiefen Lichtes wird Pleurosigma angulatum, Grammatophora marina und auch Nitzschia sigmoidea gelöst.

Nr. 8, mit einer Brennweite von 2,47^{mm} und einer Oeffnung von 110^{0} vergrössert 310-, 470- und 860mal, hat einen sehr kleinen Abstand und verlangt ein dünnes Deckglas von 0,15 bis 0,2^{mm}. An der Nobert'schen Platte sah ich die 12. Gruppe noch deutlich, die 13. weniger deutlich gelöst. Die Streifung des Pleurosigma angulatum tritt auch schon bei weniger günstiger Beleuchtung und etwas deutlicher als bei 7 hervor, ist aber immer noch schwer zu sehen. Bei schiefem Einfall des Lichtes erhielt ich noch die schwierigeren Probeobjecte bis zu Nitzschia sigmoidea, deren Streifung man recht scharf sieht, gelöst. Die Bilder organischer Objecte sind schön, scharf und klar und die schwierigsten Structurverhältnisse treten sehr bestimmt hervor. Das ganze Bild erscheint fast vollständig farblos und an den Grenzlinien kommen keinerlei Farbensäume zum Vorschein.

Die beiden seit 1859 von Hartnack construirten Systeme 9 und 10, ebenso das erst seit zwei Jahren gebaute stärkste System Nr. 11, welche mit Verbesserungseinrichtung versehen und zum Eintauchen bestimmt sind, und von denen das erstere bei einer Brennweite von 1,8^{mm} und einer Oeffnung von 150^{0} 480-, 720- und 1280mal, das andere mit einer Brennweite von 1,55^{mm} und 170^{0} Oeffnung 570-, 860- und 1520mal, das letztere mit einer Brennweite von circa 1,35^{mm} 680-, 1090- und 1920mal vergrössert, übertreffen alle mir bekannten Systeme an Leistungsfähigkeit. Es wird in denselben eine Vereinigung aller Eigenschaften eines guten Objectivsystemes, wozu ich ausser den im zweiten Abschnitte genannten, auch den Abstand der unteren Linse von der Deckglasoberfläche und damit die Zulässigkeit nicht zu dünner Deckgläschen (wie sie z. B. die starken englischen und Hasert'schen Objectivsysteme erfordern) rechne, in so hohem Grade erreicht, wie dies selten der Fall ist. Beide Abweichungen sind so vortrefflich verbessert und die Systeme sind so lichtstark, dass man damit noch sehr starke Oculare verbinden kann, ohne dass das Bild wesentlich leidet. Die Umrisse sowohl als die inneren Structurverhältnisse organischer Objecte erscheinen in nicht zu übertreffender Klarheit ausgeprägt, und dabei ist das Bild vollständig farbenfrei, ohne den eigenthümlichen, nicht natürlichen Glanz, wie ich es bei manchen anderen sehr starken Objectivsystemen gefunden habe. Namentlich muss ich das System 9 hervorheben, welches ich zum Behufe der feinsten histiologischen Untersuchungen den Nrn. 10 und 11 fast noch vorziehen möchte, da, was für solche Arbeiten nicht ohne Bedeutung erscheint, sein Abstand viel bedeutender ist. An Auflösungsvermögen stehen sich die drei Systeme einander ziemlich nahe. Nr. 9 löst bei günstigerem Licht mittelst gerader Beleuchtung die 16., Nr. 10 die 18. und bei schiefer Beleuchtung auch die 30. Gruppe der Nobert'schen Platte *).

*) Nr. 11 konnte ich nicht mittelst der Nobert'schen Platte prüfen, da mir

Die Sechsecke auf der Schale von Pleurosigma angulatum (selbst in Balsam liegend) sind bei allen drei Systemen mittelst centraler Beleuchtung und bei mässig hellem Tageslichte so deutlich zu erkennen, wie ich sie weder mit einem $^1/_8$ von Smith, Beck und Beck, noch mittelst der Wasserlinse (Serie V) von Amici gesehen habe. Von den schwierigern Diatomaceen werden bei geradem Lichte auch noch Grammatophora marina und Navicula veneta gelöst, während bei schiefer Beleuchtung und gutem Lichte auch keines der bis jetzt bekannten Probeobjecte ungelöst bleibt.

Die verschiedenen Nebenapparate, welche Hartnack liefert, haben folgende Preise:

Ein Dujardin'scher Beleuchtungsapparat	50 Frcs.
„ Objectglasmikrometer (1mm in 400 und 100 Theilen). .	20 „
„ Spitzenocular	25 „
„ Mikrometerocular	25 „
„ Ocularmikrometer neuester Construction	50 „
Die Camera lucida nach Oberhäuser	50 „
„ „ „ „ Doyère und Milne Edwards .	35 „
Compressorium, je nach der Construction, . . . 30, 35 und	40 „
Polarisationsapparat mit Condensor . . . . 50 bis	70 „
Goniometer	60 „

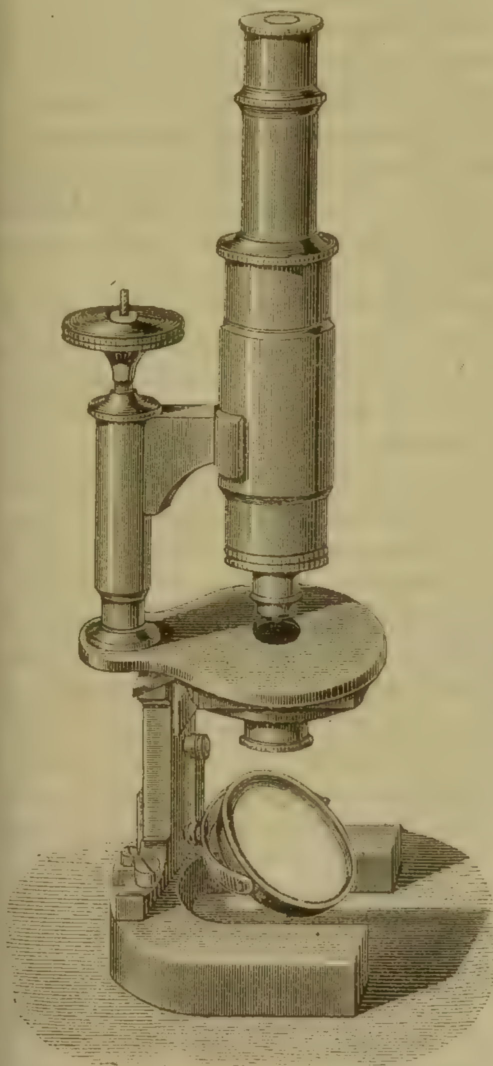
B. Hasert zu Eisenach. Hasert beschäftigte sich, wie aus seinem Vortrag in der 30. Versammlung deutscher Naturforscher und Aerzte in Karlsruhe hervorgeht (amtlicher Bericht Seite 212), schon seit 1847 mit der Construction von Objectivsystemen mit grossem Oeffnungswinkel (120°), welche ein bedeutendes Auflösungsvermögen besassen. Seine Objective und Mikroskope sind indessen früher wenig bekannt geworden, weil er bei der Construction seines optischen Apparates wenig Rücksicht auf die Bedürfnisse der praktischen Mikroskopiker genommen hat, sondern mehr auf ein hohes Auflösungsvermögen hinsteuerte, wie dies seine vor wenigen Jahren gebauten starken Objectivsysteme beweisen, welche zu wissenschaftlicher Beobachtung schwer zu gebrauchen sind. Daraus sind denn auch die Beurtheilungen hervorgegangen, welche diesen Objectivsystemen von vielen Seiten (H. v. Mohl, Schacht) zu Theil geworden sind und welche wohl begründet waren. Neuerdings hat sich derselbe bemüht, diesen Anforderungen mehr gerecht zu werden, und wird, wie ich aus mündlicher Mittheilung weiss, namentlich auch die abscheulich gelbe Färbung, welche durch das zu der vordersten Linse verwendete Glas oder durch eine zwischen derselben eingeschlossene Flüssigkeit verursacht ist, zu vermeiden suchen. Möchte er es sich nun nur auch noch angelegen sein lassen, seine Oculare zu vervollkommnen und

---

dieselbe in Giessen, wo uns Hartnack das System zur Prüfung vorlegte, nicht zur Hand war.

seine Stative in mechanischer Beziehung besser auszustatten, als dies bei einem Instrumente der Fall war, das er mir freundlichst zur Prüfung überliess. Hasert liefert nach seinen neuesten Mittheilungen drei verschiedene Mikroskope, ein grosses, ein kleines und ein kleinstes ganz einfach construirtes. Von diesen kenne ich nur das grosse, Fig. 115. Dasselbe ahmt im Allgemeinen das Oberhäuser'sche Hufeisenstativ nach. Der 100^{mm} über der Fläche des Arbeitstisches befindliche drehbare Objecttisch ist rund und hat 75^{mm} im Durchmesser, eine Grösse, die wohl ausreichend sein dürfte. Zur Beleuchtung dient ein allseitig beweglicher Concavspiegel und eine concav-convexe, von Hasert „achromatischer Condensor" genannte, Beleuchtungslinse, welche an einen Hohlcylinder geschraubt ist, der sich in einer an der Unterseite des Objecttisches angebrachten federnden Hülse in der optischen Achse verschieben lässt und einen zur Seite drehbaren halbrunden Deckel besitzt, um mehr oder weniger Licht abzublenden. Als Blendung dient ein Hohlcylinder mit einer runden Oeffnung, der, wenn die Beleuchtungslinse nicht gebraucht wird, in die federnde Hülse eingesetzt, sich höher und tiefer stellen lässt. Derselbe hat an der Seite eine halbrunde Oeffnung und kann unten durch einen Stopfen geschlossen werden, so dass bei schiefer Spiegelstellung alles von unten kommende, gerade einfallende Licht ausgeschlossen und nur seitliches zugelassen wird. Diese Einrichtung bietet für schwierige Objecte in der That einige Vortheile und dürfte sich vielleicht für alle Stative mit beweglichen Cylinderblenden zur Nachahmung empfehlen.

Fig. 115.



Mikroskop von B. Hasert.

Das ganze Stativ hat bei ausgezogenem Rohre eine Höhe von 280 bis 290mm und einen hinreichend festen Stand, was es zum Arbeiten sehr bequem macht. Die ganze mechanische Ausführung ist etwas unansehnlich, worauf am Ende weniger ankommt; dagegen finde ich einiges daran zu tadeln. Erstlich ist die feine Einstellung nicht hinreichend solide ausgeführt, so dass immer eine kleine Verrückung des Bildes stattfindet, wenn man von derselben Gebrauch macht. Dann ist die Blendungsvorrichtung, wie sie, sowohl für den alleinigen Gebrauch des Spiegels, als für dessen Verbindung mit der Beleuchtungslinse angewendet wird, nicht völlig ausreichend und könnte durch eine zweckmässigere ersetzt werden.

Mit den drei stärksten Objectivsystemen und drei Ocularen ausgerüstet kostet dieses Mikroskop 130 Thlr.

Das kleine Mikroskop mit zwei Objectivsystemen, welche drei Objective geben, und mit zwei Ocularen (Vergrösserung bis 600fach) wird zu 50 und das kleinste mit einem Objectivsystem und einem Ocular zu zwei verschiedenen Vergrösserungen bis zu 300fach, zu 25 Thaler abgegeben.

Von den drei Ocularen entspricht das schwächste etwa dem dritten, das mittlere etwa dem fünften Ocular von Oberhäuser und das dritte ist noch stärker. Alle haben insofern ein sehr beschränktes Gesichtsfeld, als nur die Mitte ein hinreichend vollkommenes Bild liefert.

Von Objectivsystemen liefert Professor Hasert sechs verschiedene Nummern, von denen mir die drei stärksten aus längerem eigenen Gebrauche bekannt sind, während ich die schwächeren nur vorübergehend prüfen konnte. Die drei letzteren, Nr. 6, 5 und 4, von denen das erste mit dem schwächsten Ocular Hasert's 100mal vergrössert, lösen bei schiefer Beleuchtung ersteres die Querstreifen der Hipparchia Janira, 5 und 4 die Querstreifen der Lycaena argus und gewähren bei geradem Lichte recht schöne, scharfe und farbenfreie Bilder, während das Gesichtsfeld hell und weiss erleuchtet ist.

System Nr. 3 hat eine Brennweite von 3,3mm, einen Oeffnungswinkel von 100° und liefert mit dem schwächsten und mittleren Oculare Vergrösserungen von 400- und 700fach. An der Nobert'schen Platte geprüft, löst dasselbe die 12. und weniger deutlich auch die 13. Gruppe, und bei schiefer Beleuchtung zeigt es die Sechsecke auf der Schale von Pleurosigma angulatum ziemlich schön.

System 2 mit einer Brennweite von 2,5mm und einem Oeffnungswinkel von 145° liefert mit den obigen Ocularen Vergrösserungen von 500 und 950. Es löst bei geradem Lichte die 15. Gruppe der Nobert'schen Platte, ebenso Pleurosigma angulatum, doch lange nicht so scharf wie das Hartnack'sche System 9. Bei schiefer Beleuchtung und sehr günstigem, nicht aber bei mässig gutem Lichte sieht man auch die Querstreifen auf der Schale von Grammatophora subtilissima angedeutet.

System 1 besitzt eine Brennweite von 1,8mm, eine Oeffnung von 155°, und die beiden Vergrösserungen betragen 710 und 1245. An der Nobert'schen Platte wird die 18. und bei schiefer Beleuchtung die 26.

Gruppe gelöst. Ebenso werden bei centraler Beleuchtung Pleurosigma angulatum, Grammatophora marina und Navicula veneta, bei schiefer aber sämmtliche natürlichen Probeobjecte gelöst, ohne jedoch die volle Schärfe zu zeigen, wie dies bei den Hartnack'schen Systemen 9, 10 und 11 der Fall ist.

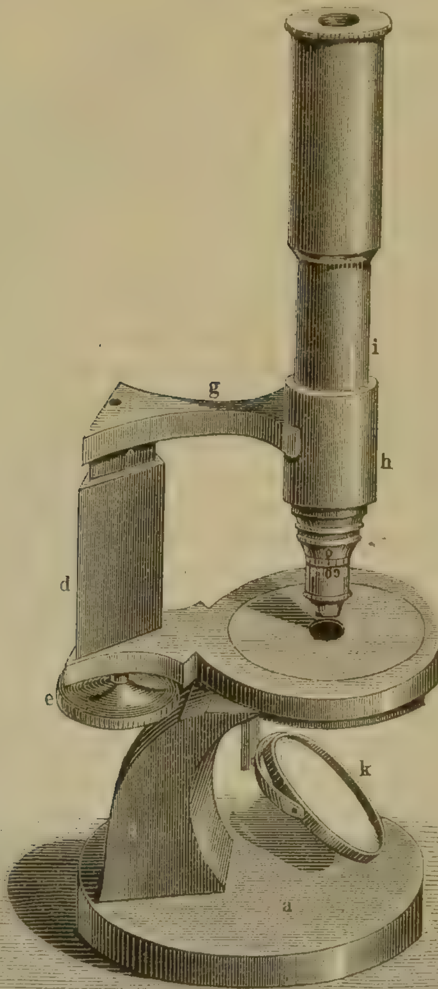
Hieraus geht hervor, dass die Hasert'schen Objectivsysteme, von einer in mechanischer Beziehung höchst einfachen und sonderbaren, fast nachlässigen Einrichtung, in Bezug auf das Auflösungsvermögen einen sehr hohen Rang einnehmen und annähernd den Wasserlinsen von Hartnack und Amici, die sie jedoch an Schönheit und Klarheit des Bildes bei centraler Beleuchtung durchaus nicht erreichen, gleichzustellen sind. Für solche Mikroskopiker, welche sich vorzugsweise mit dem Studium der Diatomaceen befassen, sind dieselben ganz ausgezeichnet und sie werden sich namentlich der Bewunderung Jener zu erfreuen haben, welche die Lösung der Grammatophora subtilissima und ähnlicher Objecte für das Meisterstück eines Systemes halten. Für den praktischen Mikroskopiker haben sie indessen manche Eigenschaften, welche ihre Verwendung beeinträchtigen. So ist namentlich bei allen drei starken Systemen der Abstand von dem Objecte äusserst gering, und es verlangen dieselben weit dünnere Deckgläschen als die gleichstarken Systeme von Hartnack, Zeiss und Belthle. Dann ist das Bild, welches man bei gewöhnlicher Spiegelbeleuchtung mittelst derselben erhält, in wissenschaftlicher Beziehung weniger brauchbar. Bringt man indessen zwischen Spiegel und Object die achromatische Beleuchtungslinse an und regelt deren Stellung genau, so erlangen die Bilder organischer Objecte ein ganz anderes Aussehen und erscheinen scharf gezeichnet und ohne Farbensäume. Endlich sind diese Systeme sehr lichtschwach und verlangen Licht von der Sonnenseite, was für ihren Gebrauch ein nicht geringes Hinderniss ist. Entschieden tadelhaft finde ich die widerlich gelbe Färbung des Gesichtsfeldes, welche die Benutzung derselben vollständig verleidet.

In das Lob, welches in neuerer Zeit (Bot. Ztg. 1863, Nr. 10) von Hrn. Prof. W. Hofmeister den Hasert'schen Instrumenten und vorzugsweise den Objectivsystemen zu Theil geworden ist, kann ich für meinen Theil nicht unbedingt mit einstimmen. Das Warum ergibt sich leicht aus den eben gerügten Mängeln. Ausserdem fühle ich mich verpflichtet, darauf hinzuweisen, dass man sich nicht zu leicht von den schwungvollen Ankündigungen des Hrn. Prof. Hasert leiten lassen möge. So heisst es z. B. in der Bot. Ztg. von 1864, Seite 124: „Die Verschraubung für verschiedene Deckglasdicken ist nicht mehr nöthig. Proben mit ein-, zwei- und dreifacher Dicke der Deckgläschen geben ganz gleich gute Resultate.“ Als ich indessen ein solches für die Dicke des Deckglases nicht empfindliches Objectivsystem auf der Versammlung zu Giessen mittelst eines Pinusschnittes zu prüfen versuchte, fand sich, dass das Deckglas (unter $0{,}1^{mm}$ dick), das für die stärksten Hartnack'schen Objectivsysteme Nr. 10 und 11 keineswegs ein Hinderniss abgab, nicht

mehr benutzt werden konnte. Was mit einem solchen Systeme für den praktischen Mikroskopiker anzufangen wäre, wüsste ich kaum zu sagen.

G. u. S. Merz in München (früher Merz und Söhne). Aus dieser Werkstätte, deren Objective Schacht schon 1854 (Beiträge zur Anatomie und Physiologie) rühmend erwähnte, habe ich ausser einigen neueren Systemen nur eines der mittleren Instrumente aus dem Jahre 1859 näher zu prüfen Gelegenheit gehabt, welches im Ganzen sehr solide und zweckmässig gebaut ist. Der runde Fuss *a* (Fig. 116), welcher dem Instrumente einen festen Stand verleiht, trägt die starke vierkantige, geschweifte Säule *b*, auf welcher der grosse, runde, 96^{mm} im Durchmesser haltende, um seine Achse drehbare Objecttisch *c* ruht. In der auf dem hintern geschweiften Ende des Objecttisches aufgeschraubten, dreikantigen Hohlsäule *d* gleitet das gleichgestaltete dreikantige Stahlprisma, welches zum Behufe der feinen Einstellung durch eine Mikrometerschraube, deren geränderter Kopf *e* unter dem Objecttisch hervortritt, gehoben und gesenkt wird. Das Prisma trägt den Querarm *g* mit der Hülse *h*, in welcher das Rohr *i* auf- und abgeschoben werden kann. Der Spiegel *k* lässt nicht nur eine Bewegung in der optischen Achse zu, sondern kann auch seitlich ausserhalb der Achse gebracht werden. Dieses aber ist, da die Kurbel in einem Einschnitte der Säule *b* hängt, nur in beschränktem Maasse möglich, so dass man nur bis zu einem gewissen Winkel ein-

Fig. 116.



Mikroskop von Merz und Söhne in München.

fallende schiefe Strahlen auf das Object zu leiten im Stande ist. Als Blendungsvorrichtung dient eine mit sechs Oeffnungen versehene Diaphragmenscheibe.

Es gehören zu diesem Mikroskope vier Objectivsysteme, nämlich drei gewöhnliche, mit den Nummern 1, 2 und 3 bezeichnet, und ein System mit Verbesserungseinrichtung, ferner drei Oculare, sowie ein Mikrometerocular. Der Preis beträgt dabei 150 Fl. oder circa 85 Thlr.

Die drei gewöhnlichen Objectivsysteme entsprechen in ihrer Vergrösserungskraft (Brennweite) etwa den Systemen 1, 2 und 3 von Belthle. Ich habe dieselben sowohl an organischen Objecten, als auch an den bekannten natürlichen Probeobjecten geprüft und dabei Folgendes gefunden: Die Bilder sind recht nett, rein gezeichnet und farbenfrei, erreichen aber an Schärfe der Begrenzung, und Nr. 3 auch an Lichtstärke nicht die gleichstarken Systeme von Belthle, Hartnack und Zeiss. Ich möchte dieselben etwa mit den von Oberhäuser Anfangs der fünfziger Jahre ausgeführten auf gleiche Stufe stellen. Das System 3 offenbart indessen ein nicht unbedeutendes Auflösungsvermögen. Es sind bei geradem Lichte die Querstreifen der Hipparchia Janira noch ganz gut, wenn auch gerade nicht sehr scharf gezeichnet zu sehen, und bei schiefer Beleuchtung treten auch die sich kreuzenden, scheinbaren Liniensysteme auf der Schale von Pleurosigma angulatum hervor. Die stärkeren Oculare werden von diesen Systemen nicht gleich gut vertragen, wie von den besseren neueren; die Umrisse der Objecte erscheinen dabei immer etwas verwischt und unklar.

Das Correctionssystem, welches mit fünf Punkten bezeichnet ist und nach der schriftlichen Angabe von Merz einen Oeffnungswinkel von 174° besitzen soll, erreicht an Stärke etwa das System 11 von Bénèche (2,3mm Brennweite), hat aber einen weit geringeren Abstand von der Deckglasfläche. Die Verbesserungseinrichtung ist derjenigen von Smith, Beck und Beck nachgebildet, welche überhaupt mehr Nachahmung verdient, da man an der Scala sichere Anhaltspunkte für die einmal in Bezug auf eine bestimmte Deckglasdicke gefundene Correctionsstellung hat. Bei sorgfältiger Benutzung dieser Einrichtung gewährt das System ganz schöne Untersuchungsresultate. Die Bilder organischer Objecte sind klar und bestimmt gezeichnet und ganz farbenfrei, so dass sie denen der Objectivsysteme von Belthle, Hartnack und Zeiss sehr nahe kommen. Auch werden die stärkeren Oculare noch recht gut vertragen. Das auflösende Vermögen ist gleichfalls stark entwickelt. Ich habe für gerades Licht zwar nur Pleurosigma attenuatum in Balsam zur Hand gehabt, da mir die Zwischenstufen bis zu Pleurosigma angulatum fehlten, fand aber die Querstreifen darauf sehr gut ausgesprochen. Bei schiefer Beleuchtung konnte ich nächst den Sechsecken auf Pleurosigma angulatum auch noch die Querstreifen auf Nitzschia sigmoidea deutlich erkennen, dagegen wurde — da das Licht etwas trübe war — Grammatophora subtilissima nicht mehr gelöst.

Einige neuere mittlere und starke Objectivsysteme von $^1/_6$ bis $^1/_{12}''$ Brennweite, welche ich mittelst meines Pinusschnittes prüfte, gewährten recht schöne, scharfe und klare Bilder, und die von Max Schultze untersuchten Immersionssysteme von $^1/_{24}''$, $^1/_{15}''$ und $^1/_{12}''$ lösten an der neuesten Nobert'schen Platte mit 19 Gruppen bei centraler Beleuchtung die neunte, achte und siebente Gruppe.

Ausser dem beschriebenen Mikroskope liefern die Gebrüder Merz noch grössere sowohl als kleinere.

Das Mikroskop Nr. I mit dem beschriebenen Stative, mit acht Objectivsystemen, von $1''$, $^1/_3''$, $^1/_9''$, $^1/_{12}''$, $^1/_{18}''$ und $^1/_{24}''$ Brennweite, fünf Ocularen (20- bis 1800malige Vergrösserung), einem Schraubenmikrometer (noch $0{,}0001''$ P. Maass angebend), Zeichenprisma, Compressorium und Polarisationsapparat ausgerüstet, kostet 480 Fl. Ein minder vollständiges Instrument mit demselben Stative und nur sechs Objectivsystemen und fünf Ocularen etc. 300 Fl. Die kleineren und kleinsten Mikroskope wechseln in ihren Preisen von 72 bis 35 Fl.

Die acht Objectivsysteme werden einzeln, je nach ihrer Stärke und Construction, zu je 14 bis 112 Fl. berechnet. Es beträgt nämlich der Preis: der Systeme von $1''$, $^1/_2''$, $^1/_3''$ Brennweite mit 20^0 bis 60^0 Oeffnung 14 Fl. (8 Thlr.); von $^1/_6''$ Brennweite und 100^0 Oeffnung 21 Fl. (12 Thlr.); von $^1/_9''$ und $^1/_{12}''$ Brennweite und 120^0 Oeffnung ohne Correctionsapparat 28 Fl. (16 Thlr.), mit Correctionsapparat 42 Fl. (24 Thlr); von $^1/_{15}''$ und $^1/_{18}''$ Brennweite mit 150^0 Oeffnung ohne Correction 42 und 56 Fl. (24 und 32 Thlr.), mit Correction 56 und 70 Fl. (32 und 40 Thlr.). Die beiden stärksten Systeme von $^1/_{21}''$ und $^1/_{24}''$ Brennweite und 160^0 bis 170^0 Oeffnung sind zum Eintauchen bestimmt und werden das erstere zu 70 Fl. (40 Thlr.), das andere zu 98 Fl. (56 Thlr.), mit Correctionsfassung 14 Fl. (8 Thlr.) höher berechnet.

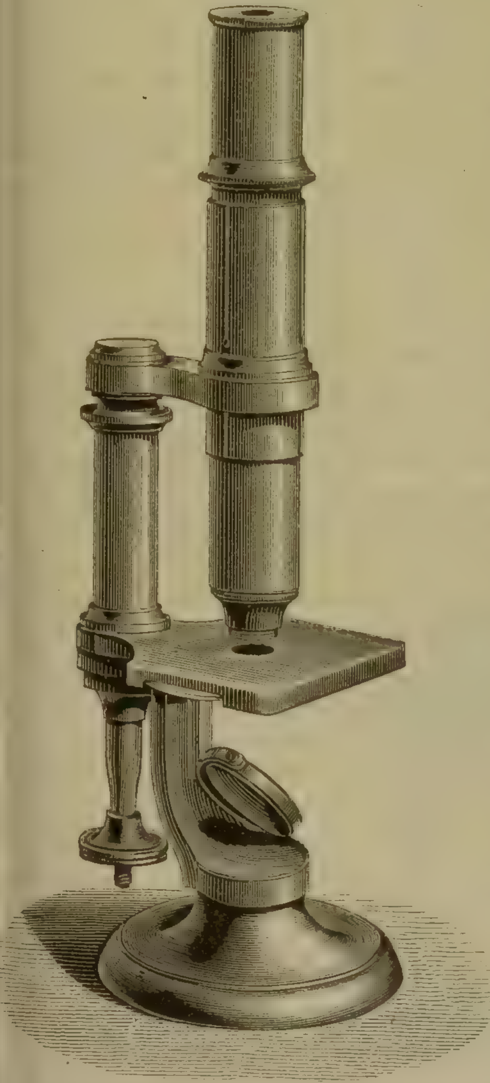
Möller und Emmerich in Giessen. Aus dem optischen Institute der genannten Optiker gehen vier verschiedene Mikroskopgrössen hervor, von denen Nr. 4, 3 und 2 mit dem grösseren, Nr. 1 mit dem kleinern Stative versehen sind. Beide Stative, von denen ich das kleinere abgebildet habe, unterscheiden sich, soweit es die Nummern 3 bis 1 angeht, indessen nur dadurch, dass die grobe Einstellung bei dem ersteren mittelst Zahn und Trieb, bei dem andern durch Verschiebung des Tubus bewirkt wird. Dieselben haben einen hinreichend grossen, festen Objecttisch, sind mit einem aus der Achse drehbaren Spiegel für schiefe Beleuchtung versehen und besitzen als Blendungsvorrichtung eine drehbare Diaphragmenscheibe. Die feine Einstellung wird durch eine unterhalb der das Rohr tragenden Säule angebrachte Mikrometerschraube bewerkstelligt, welche den optischen Apparat hebt und senkt und allen Anforderungen vollständig entspricht.

Das grösste Mikroskop, in dem Preisverzeichnisse mit Nr. 4 bezeichnet, besitzt die Drehung um die optische Achse, welche, in ähnlicher Weise wie bei dem Mikroskope 3 von Belthle, im Fusse angebracht ist. Es ist mit den Objectivsystemen 1 bis 4 und den orthoskopischen Ocularen

I. bis IV., mit einem Polarisationsapparat und einem Ocularglasmikrometer ausgerüstet und wird zu dem Preise von 114 Thlrn. berechnet.

Die beiden mittleren Mikroskope, Fig. 117, mit einem dem vorigen sonst gleichgebauten, nur der Drehung um die optische Achse entbehrenden Stative, erhalten Nr. 2 die Oculare I. und III. und die Systeme 1 und 3, oder Nr. 3 die Oculare I., II. und III. und die Systeme 1, 2 und 3 beigegeben und sind zu 30 und 45 Thalern angesetzt.

Fig. 117.



Mikroskop von Moller und Emmerich.

Das kleine Mikroskop, Nr. 1 des Preisverzeichnisses, wird mit den Systemen 1 und 3 und dem Ocular 2 ausgerüstet zu 22 Thalern berechnet.

Von den Objectivsystemen habe ich im vorigen Herbste und in diesem Frühlinge einige Exemplare von Nr. 1 bis 4 zu prüfen Gelegenheit gehabt und kann ich im Ganzen auf Grund dieser Prüfung nur ein anerkennendes Urheil über dieselben fällen.

Das System 1, welches mit den gewöhnlichen Ocularen 1, 2 und 3 eine 40-, 70- und 160-malige Vergrösserung gewährt und eine Brennweite von circa 19^{mm} besitzt, gibt ein farbloses von scharfen Linien begrenztes Bild.

Das System 2 von $9{,}3^{mm}$ Brennweite mit 80-, 120- und 220facher Vergrösserung, gewährt ebenfalls ganz schöne, farbenfreie Bilder, steht indessen an Schärfe den entsprechenden Systemen von Belthle, Hartnack und Zeiss etwas nach, indem die Grenzlinien weniger scharf gezogen und dabei breiter erscheinen.

System 3 mit 160-, 350- und 600maliger Vergrösserung und einer Brennweite von $4{,}7^{mm}$ kommt an Schärfe und Klarheit des Bildes den Systemen gleicher Stärke von den oben genannten Optikern sehr nahe, steht aber an auflösendem Vermögen etwas zurück; ausserdem ertheilt es dem Gesichtsfelde und demgemäss den organischen Probeobjecten eine ziemlich starke gelbe Färbung.

Ein neueres System 4, welches bei einer Brennweite von 2,5mm mit den orthoskopischen Ocularen 1, 2 und 3 von Belthle eine 570-, 830- und 1280malige, mit den Ocularen von Möller und Emmerich eine 300-, 700- und 1400fache Vergrösserung gewährt, an Stärke also den Systemen 11 von Bénèche und 8 von Hartnack nahekommt, liefert in Bezug auf die Probeobjecte für centrale Beleuchtung befriedigende Resultate. Das Gesichtsfeld ist hell und weiss erleuchtet, das Bild ohne Farbe, klar, und die Begrenzung erreicht nahezu die Schärfe des Systemes 8 von Hartnack, so dass es in dieser Beziehung zwischen meinem Systeme 11 von Bénèche und dem letzteren etwa in der Mitte steht. Für die Probeobjecte bei schiefer Beleuchtung fallen die Resultate weniger günstig aus (worauf ich indessen geringeren Werth lege), indem die Lösung der Pleurosigma angulatum weit weniger scharf ist, wie mittelst System 8 von Hartnack und Nr. 3 von Belthle.

Die Immersionslinsen 5 und 6 hatte ich leider nicht Gelegenheit kennen zu lernen.

Die einzelnen Systeme werden 1 mit 6 Thlr., 2 mit 10 Thlr., 3 mit 12 Thlr., 4 mit 14 Thlr., 5 mit 18 Thlr., 6 mit 20 Thlr. berechnet. Die gewöhnlichen Oculare kosten je 4 Thlr., die orthoskopischen 5 Thlr. und das aplanatische 7 Thlr.

Möller und Emmerich liefern ausser den gewöhnlichen auch Demonstrations- und Demonstrations-Sonnenmikroskope für Schulen mit je einem Systeme und einem Oculare zu 28 und 22 Thaler. Ausserdem erhält man von ihnen sämmtliche Nebenapparate in billiger Berechnung.

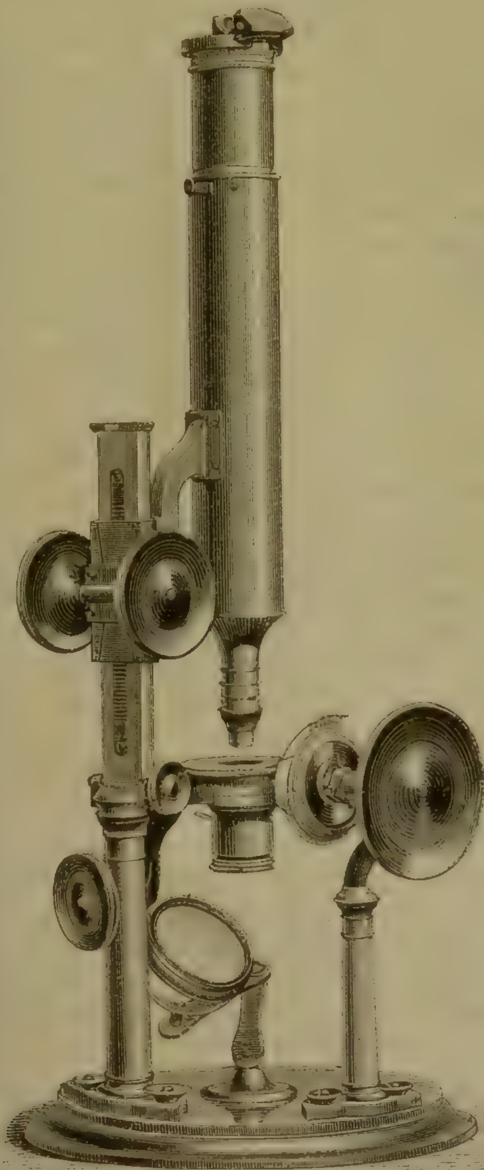
F. A. Nobert zu Barth (in Pommern). Aus der Werkstätte Nobert's kenne ich nur ein älteres Mikroskop, dessen Objectivsysteme mit allen zu damaliger Zeit auf dem Continente verfertigten den Vergleich aushalten konnten. Was ich von seinen neuesten Instrumenten und deren Leistungen weiss, verdanke ich theils den freundlichen Mittheilungen Nobert's selbst, theils denen sachkundiger und zuverlässiger Freunde und Fachgenossen.

Nach diesen erreichen die neuesten Nobert'schen Objectivsysteme, die er mehr den Anforderungen der praktischen Mikroskopiker angepasst hat, einen hohen Grad der Vollendung und sollen mit den bessern neuern in mancher Beziehung vollkommen den Vergleich aushalten, sowohl was die Schönheit und Bestimmtheit des Bildes, als was das Auflösungsvermögen betrifft.

Seinem neuen grossen Stative, dessen Abbildung (Fig. 118) nach einer, von dem im Besitze des Herrn Professor Karsten in Berlin befindlichen Instrumente entnommenen, Photographie ausgeführt ist, hat Nobert eine ausgezeichnete mechanische Einrichtung gegeben, welche dem vervollkommneten optischen Apparate hinreichend entspricht. Der schwere Fuss ist tellerförmig; auf demselben bewegt sich ein zweiter ebener Teller unter dem Einflusse von Federn und Reibungsrollen, wodurch die Drehung um die optische Achse eine solche Leichtigkeit und Sicher-

heit erhält, wie sie durch mechanische Mittel erreichbar ist. Von dem oberen Teller erhebt sich die Säule, welche den Objecttisch und den übrigen Körper des Mikroskopes trägt. Der für schiefe Beleuchtung seitlich verstellbare Spiegel steht im Mittelpunkt des Tellers, so dass er an der Drehung keinen Antheil nehmen kann. Derselbe ist an zwei Armen derart befestigt, dass er in allen Stellungen eine gleiche Entfernung von dem Objecte behält. Als Mittel zu den verschiedenen Beleuchungsarten dient ein aus einem sehr lichtstarken System bestehender Condensor, welcher unter dem Objecttische in der Achsenrichtung beweglich ist, um die von dem ebenen Spiegel reflectirten Strahlen in dem gewünschten Effecte zur Beleuchtung verwenden zu können. Die grobe Einstellung wird mittelst Zahn und Trieb bewirkt, die feine ist am Objecttisch angebracht, indem der winkelhebelartige Träger desselben in der bei dem kleinen Bénèche'schen Mikroskope beschriebenen Weise mittelst einer durch die Säule gehenden Schraube gehoben und gesenkt wird.

Fig. 118.



Grosses Mikroskop von Nobert mit Zeichenprisma und Schraubenmikrometer. (Prof. H. Karsten in Berlin gehörig.)

Zu diesem Stative liefert Nobert eine ausreichende Zahl von Objectivsystemen, von denen die drei stärkeren von $^1/_4$, $^1/_8$ und $^1/_{14}''$ (6,5, 3,37, und 1,9^{mm}) Brennweite mit Verbesserungseinrichtung versehen sind.

Das stärkste System löst, nach Nobert's eigenen Angaben aus dem Jahre 1861, bei günstiger schiefer Beleuchtung die 20., das $^1/_8$zöllige die 15., das $^1/_4$zöllige die 9. Gruppe seiner Probeplatte. Das in neuester Zeit dem grossen Stative stets beigegebene und von Max Schultze geprüfte Eintauchsystem, über dessen Brennweite nicht näher berichtet wird, löste bei geradem Lichte die achte Gruppe der neuesten Probeplatte, welche der 13. bis 14. Gruppe der älteren Platte entspricht, und darf man bei Nobert's bekannter Tüchtigkeit auch in Bezug auf seine übrigen Eigenschaften gewiss nur Vorzügliches erwarten.

Die normirten Dicken des Deckglases betragen für das erste System 0,38, für das zweite 0,8, für das letzte 1,8^{mm}.

Oculare gehören 4 dazu, von denen die drei stärkeren zu Messungszwecken mit corrigirbaren Fadenträgern versehen sind und das schwächste für Winkelmessungen eingerichtet ist. Sämmtliche Oculare sind ausserdem derart gebaut, dass ein Ocularmikrometer in dieselben eingelegt werden kann.

Kommen zu diesem Instrumente, dessen Vergrösserungen von 20 bis zu 3000fach linear steigen, noch das in der Abbildung (rechts) mit dem Stative verbundene, unmittelbar 50000stel der Pariser Linie angebende Schraubenmikrometer — nach Professor Münter's Mittheilung von unübertrefflicher Genauigkeit und Vollendung — ein Quetscher, ein Zeichenprisma, vollständiger Polarisationsapparat u. dgl., so beträgt dessen Preis 270 Thlr.

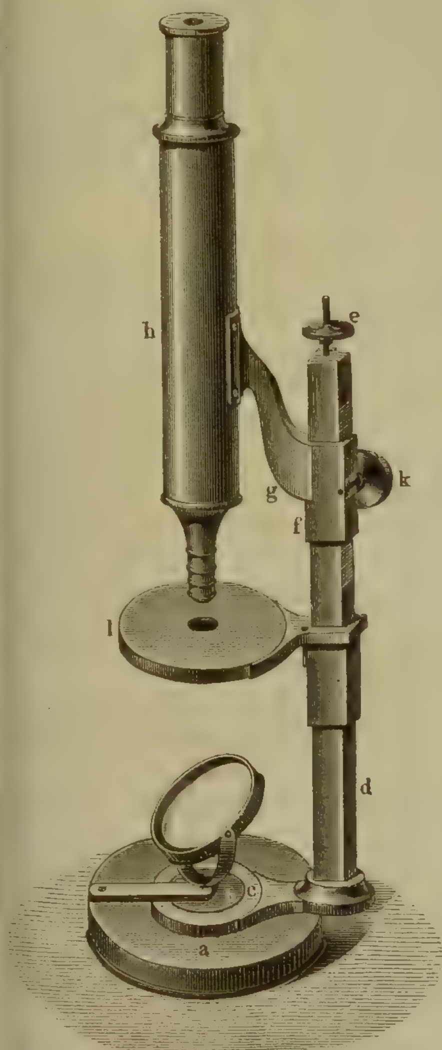
Kleinere Mikroskope liefert Nobert ebenfalls, und wechselt deren Preis mit der mehr oder minder vollständigen optischen und mechanischen Ausstattung.

S. Plössl in Wien. Plössl ist der eigentliche Nestor der deutschen Mikroskopenverfertiger, denn obgleich Frauenhofer der erste war, welcher dem von Amici und Chevalier eingeschlagenen Wege folgte, so hat derselbe doch dem Mikroskope verhältnissmässig wenig Aufmerksamkeit geschenkt und seine Thätigkeit vorzugsweise dem Bau des Fernrohres zugewendet. Seine ersten Versuche zur Construction achromatischer Objective, die er gleichsam mit einem Geheimnisse umhüllte, machte Plössl unter dem Beirathe des in dem Gebiete der Naturwissenschaft hochverdienten Professors Jaquin. Dieselben waren nicht ohne den gewünschten Erfolg geblieben, und so hat Plössl schon seit 1830 Mikroskope geliefert, welche mit den damaligen französischen und Amici'schen den Vergleich aushalten konnten. Auch später noch hielt derselbe mit jenen Optikern Schritt, so dass H. von Mohl 1846 die Plössl'schen Mikroskope neben die von Amici stellen konnte. Selbst bis in die neueste Zeit und bis in sein hohes Alter hat Plössl nicht aufgehört, dem Fortschritte zu huldigen, wie namentlich auch der Umstand beweist, dass er 1852 neben Nobert zuerst in Deutschland die Verbesserungseinrichtung für sein stärkstes System einführte und sein grosses Stativ den neueren Anforderungen entsprechend umgestaltete.

Plössl construirt mehrere Stative, die sich in Grösse und mechanischer Einrichtung unterscheiden.

Das grosse Stativ (Fig. 119) hat einen runden, hinreichend schweren Fuss *a*. Um eine mit demselben centrisch verbundene erhabene Scheibe *b*, welche in ihrem Mittelpunkte den seitlich verstellbaren Spiegel trägt, dreht sich der Ring *c*, auf dessen Fortsatz sich die dreiseitige Stahlstange *d* erhebt, welche den Objecttisch und das Rohr aufnimmt. Hierdurch wird es ermöglicht, den ganzen optischen Apparat mit Ausnahme des Spiegels um die optische Achse zu drehen und schiefes Licht von allen Seiten her auf das Object fallen zu lassen. Der Objecttisch, etwa 130 bis 140^{mm} über der Fläche des Arbeitstisches stehend, was einigermaassen unbequem ist, hat eine runde Form und hält 60^{mm} im Durchmesser. Unterhalb desselben befindet sich als Blendungsvorrichtung eine drehbare Diaphragmenscheibe. Ausserdem bringt Plössl noch eine Trommel unter dem Tisch an, um eine Beleuchtungslinse einsetzen zu können. Die grobe Einstellung geschieht mittelst Zahn und Trieb (*k*), wodurch die dreiseitige Hülse *f*, welche an dem Arm *g* das Rohr *h* enthält, auf der Stahlstange *d* verschoben wird, während die feine, den Körper treffende Einstellung der Mikrometerschraube *e* übertragen ist. Das Stativ hat durch diese verschiedenen Veränderungen gegen das ältere eine wesentliche Verbesserung erfahren und an Brauchbarkeit nicht wenig gewonnen. Die Höhe des ganzen Instrumentes beträgt indessen noch immer nicht weniger als 445^{mm}, so dass es zum Arbeiten höchst unbequem ist, namentlich aber bei gewöhnlicher Höhe des Arbeitstisches das Sitzen beim Beobachten gar nicht erlaubt.

Fig. 119.



Grosses Mikroskop von Plössl.

Das grosse Mikroskop kostet, wenn es mit dem aplanatischen und den drei gewöhnlichen Ocularen, sowie mit den sämmtlichen Objectiven

und dem stärksten Objectivsystem mit Verbesserungseinrichtung versehen ist, 250 Fl. ö. W.

Ausserdem liefert Plössl noch verschiedene kleinere Mikroskope, deren Preis je nach ihrer Einrichtung zwischen 150 bis 50 Fl. ö. W. schwankt.

Ich habe mehrere Mikroskope von Plössl kennen gelernt, sowohl ältere als neuere, grössere und kleinere, und gefunden, dass dieselben im allgemeinen scharfe und klare Bilder gewähren, die jedoch nicht immer ganz farbenfrei sind. An auflösendem Vermögen werden dieselben von vielen neueren Instrumenten bedeutend übertroffen, auch stehen einzelne Exemplare, was die Zartheit und Bestimmtheit in den Linien betrifft, etwas hinter den Leistungen der Mikroskope von Belthle, Hartnack und Zeiss zurück.

Genauer habe ich nur zwei grössere Mikroskope geprüft, von denen das eine in dem Jahre 1849, das andere in der Mitte der fünfziger Jahre gebaut wurde, und würde kaum gewagt haben, die erhaltenen Resultate zur Vergleichung mit den später gebauten Instrumenten anderer Optiker zu veröffentlichen, wenn ich nicht aus den Mittheilungen Pohl's (über mikroskopische Probeobjecte etc. Wien 1860) ersehen hätte, dass dieselben dem optischen Vermögen der neueren Objectivsysteme Plössl's noch ganz vollkommen entsprächen. Die Vergrösserungen habe ich in runden Zahlen angegeben, da mir zur Zeit eine ganz genaue Bestimmung nicht möglich war.

Mit der Linsencombination 1 + 2 + 3 und dem aplanatischen Ocular, Vergrösserung 70, wurde die zweite, mit Ocular II., Vergrösserung 260, die vierte Gruppe der Nobert'schen Platte gelöst.

Linsencombination 2 + 3 + 4 löste mit dem erstern Oculare bei einer Vergrösserung von 80 die dritte, mit Ocular II. bei einer Vergrösserung von 210 die fünfte Gruppe.

Linsencombination 3 + 4 + 5, aplanatisches Ocular, Vergrösserung 100, löste die fünfte, Ocular II., Vergrösserung 250, die achte Gruppe.

Linsencombination 5 + 6 + 7 (des älteren Instrumentes) ergab mit dem aplanatischen Ocular, Vergrösserung 250, die neunte, mit dem Ocular II., Vergrösserung 600, die zehnte Gruppe als gelöst.

Die Zeichnung auf der Schale von Pleurosigma angulatum konnte ich bei schiefer Beleuchtung nur andeutungsweise erkennen.

Bei dem neueren Instrumente beschränkte ich mich, da der übrige optische Apparat, wie ich mich überzeugte, den des älteren nicht hinter sich liess, auf die Prüfung des Systemes mit Verbesserungseinrichtung, welches mit dem aplanatischen Oculare eine etwas über 300fache, mit dem Ocular II. eine etwa 650fache Vergrösserung gewährt. Ich konnte mit dem ersten Oculare die zehnte, mit dem letzteren noch die elfte Gruppe der Nobert'schen Platte lösen und kam auch mit schiefer Beleuchtung nicht über die 20. Gruppe hinaus. Die Zeichnung auf der Schale von Pleurosigma angulatum wurde durch schiefes Licht zur Anschauung gebracht, ohne indessen die Schärfe zu zeigen, wie bei den

neueren, gleichstarken Systemen Hartnack's und Zeiss'. Auf die Lösungen Pohl's, welche derselbe in dem oben genannten Schriftchen niedergelegt hat, kann ich hier nicht näher eingehen, weil ich auf solche bei schiefer Beleuchtung und gar unter Anwendung von Lampenlicht erhaltene Resultate kein hohes Gewicht lege. Seine Angabe auf Seite 27 (a. a. O.), dass er bei einer Vergrösserung von 225fach die 30. Gruppe der Nobert'schen Platte gelöst gesehen habe, muss ich nach allen meinen Erfahrungen für eine Täuschung halten. Ebenso finde ich die Behauptung, dass die Mikroskope Plössl's in ihrer optischen Gesammtleistung von keinem andern der neuern übertroffen werden, etwas gewagt.

F. W. Schieck in Berlin. Schieck construirt nach dem mir im Herbste 1861 zugegangenen Preisverzeichnisse fünf verschiedene Formen von Mikroskopen; darunter auch noch solche mit dem bekannten, den neueren Anforderungen an die mechanische Einrichtung nicht mehr entsprechenden Stangenstativ.

Das grosse Mikroskop (Fig. 120 a. f. S.) mit grober Einstellung durch Zahn und Trieb, *H*, *G*, am Tubus, mit feiner, *L*, am Objecttische, *N*, versehen, mit 6 Objectivsystemen, drei orthoskopischen und einem gewöhnlichen Oculare, einer Beleuchtungslinse und verschiedenem anderen kleinen Zubehör, kostet 140, und wenn das Schraubenmikrometer hinzukommt 170 Thlr.

Das mittlere Mikroskop, etwas kleiner, sonst aber dem vorigen ähnlich gebaut, mit nur fünf Systemen Objectivlinsen, drei gewöhnlichen und einem orthoskopischen Ocular etc. erhält man um 101 Thlr.

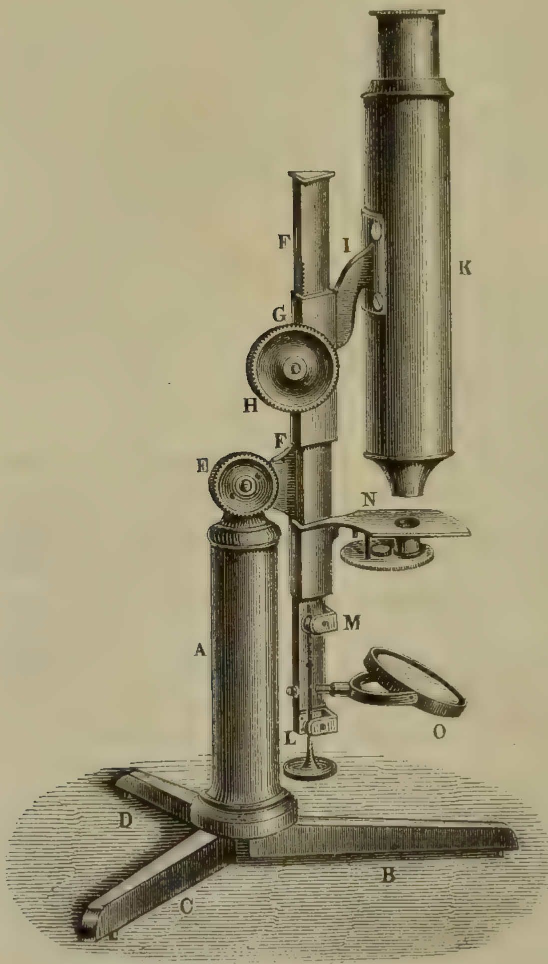
Das Mikroskop mit dem, in neuester Zeit von Schieck vorzugsweise gefertigten, Hufeisenstativ nach Oberhäuser, mit fünf Systemen Objectivlinsen, drei orthoskopischen und einem gewöhnlichen Ocular kostet 130 Thlr.

Das kleine Mikroskop, ähnlich dem Mikroskope *D* von Bénèche, mit Dreifuss, mit sechs Objectivlinsen, zwei einfachen und einem orthoskopischen Oculare und Zubehör, wird um den Preis von 50 Thlr. und noch ein kleineres, nach dem Microscope condé Oberhäuser's construirtes mit sechs Objectivlinsen und zwei Ocularen um den von 40 Thlr. abgelassen.

Ich habe Gelegenheit gehabt, mehrere Mikroskope von Schieck kennen zu lernen, konnte aber keines so vollständig prüfen, dass ich bei der bisher beobachteten Vollständigkeit die Resultate hier zur Vergleichung vorlegen möchte. Die mechanische Ausführung war bei allen Instrumenten in ihrer Art musterhaft. Der optische Apparat ist gleichfalls in gewissen Beziehungen recht schön. Die Bilder mancher der älteren Systeme sind mit den schwächsten Ocularen ziemlich scharf gezeichnet und meistens farbenfrei. Einige neuere Systeme, welche ich kennen lernte, befrie-

digen in Bezug auf Schärfe des Bildes, Farbenfreiheit und Ebnung vollkommen, obwohl die Linien nicht ganz so fein gezogen erscheinen, wie bei den gleichstarken Systemen von Belthle, Hartnack und Zeiss. Für die schwächeren Linsencombinationen fand ich das Auflösungsvermögen noch etwas unter dem der Plössl'schen stehend. Bei den stärkeren hat Schieck aber in der neueren Zeit ebenfalls Fortschritte gemacht und den Oeffnungswinkel vergrössert, so dass man bei schiefer Beleuchtung die Streifung des Pleurosigma angulatum erkennen kann, wenn auch deren Zeichnung nicht so bestimmt erscheint, wie mittelst gleich hoher Vergrösserungen derjenigen Mikroskope, welche die letztere vorzugsweise dem Objectivsysteme zuweisen. Bei gerade einfallendem Lichte konnte ich mit der stärksten Linsencombination, welche mit dem schwächsten Ocular etwa 260 mal vergrössert, über die achte Gruppe der Nobert'schen Platte nicht hinauskommen.

Fig. 120.



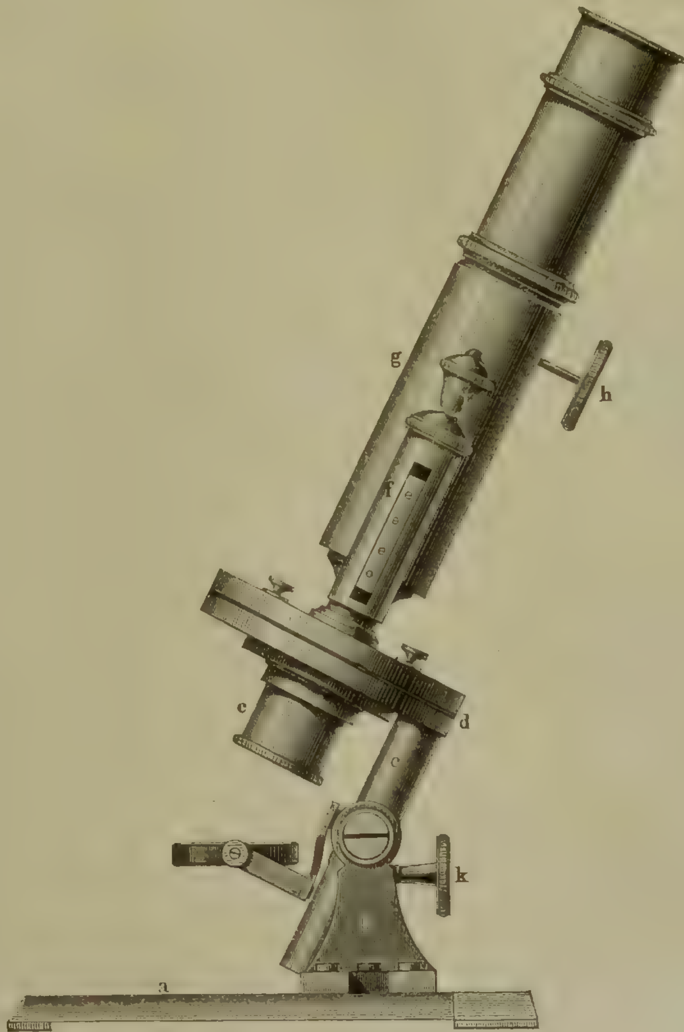
Grosses Stangenstativ von Schieck.

Hugo Schröder in Hamburg. H. Schröder gehört, wie dies schon Schacht hervorgehoben hat, gewiss zu den tüchtigeren, zu guten Hoffnungen berechtigenden, jüngeren Kräften auf dem Gebiete der praktischen Optik und wird von einem regen Eifer für die Vollendung seiner Apparate beseelt. Er berechnet Stative, Objectivsysteme und Oculare besonders und sind dafür die bei den einzelnen Stativen angegebenen Preise nur für diese zu verstehen.

Das grosse Stativ (Fig. 121) besitzt einen Dreifuss *a*, einen hinreichend grossen runden Tisch *d* und Spiegeleinrichtung für gerades und schiefes Licht. Die grobe Einstellung geschieht mittelst eines Getriebes

durch die Schraube *h*, die feine durch Mikrometerbewegung an der Tubussäule *f* mittelst des Schraubenknopfes *i*. Als Blendungsvorrichtung dienen versenkbare Cylinderblenden *e*, welche mittelst Schlittens gewechselt werden. Das ganze Instrument hängt mit der Säule *c*, welche den

Fig. 121.



Grosses Mikroskop von H. Schröder.
(Tisch um 90° gedreht.)

Spiegel trägt, beweglich an zwei Trägern *b* und kann, zwischen der senkrechten und horizontalen, in jeder beliebigen Lage durch die Schraube *k* festgestellt werden. Sein Preis beträgt 60 Thlr.

Ein zweites Stativ besitzt einen runden Fuss, runden, drehbaren Objecttisch, Spiegeleinrichtung für gerades und schiefes Licht, von unten zu wechselnde Cylinderblendungen, grobe Einstellung mittelst Zahn und Trieb, feine mittelst Mikrometerschraube und kostet 40 Thlr.

Stativ Nr. 2 des Preisverzeichnisses besitzt einen Hufeisenfuss, ovalen, grossen Objecttisch, gerade und schiefe Spiegelstellung, grobe Einstellung durch Zahn und Trieb, feine mittelst einer federnden Platte nach H. v. Mohl, drehbare Blendungsscheibe, und es beträgt sein Preis 20 Thlr.

Das kleine Stativ (Nr. 1 des Verzeichnisses) hat einen runden Fuss, runden Tisch, gerade und schiefe Spiegelstellung, grobe Einstellung durch Verschiebung des Rohres, feine durch eine federnde Platte, drehbare Blendungsscheibe, und wird mit 12 Thlr. berechnet.

Objectivsysteme construirt Schröder acht. Ein solches aus zwei Achromaten von $1/2''$ Brennweite zu 6 Thlr., ferner vier von ihm dialytische genannte und vorzugsweise für gerades Licht bestimmte Systeme Nr. 1 und 2 à 14 Thlr., Nr. 3 à 17 Thlr., Nr. 4 à 20 Thlr., endlich drei Eintauchsysteme (Stipplinsen) mit Verbesserungseinrichtung Nr. 1 à 20 Thlr., Nr. 2 à 26 Thlr., Nr. 3 à 32 Thlr.

Von Ocularen kann man zehn verschiedene erhalten und zwar die drei gewöhnlichen zu je 3 Thlr., die vier orthoskopischen zu je 6 Thlr., die zwei aplanatischen zu je 10 Thlr. und ein aufrichtendes zum Präpariren zu 10 Thlr.

Von seinen neueren Objectivsystemen hat mir Schröder im Frühjahr 1862 freundlichst sechs Nummern zur Prüfung überlassen und es ergab letztere folgende Resultate.

Das dialytische System Nr. 1 mit einer Aequivalentbrennweite von $4/10''$ par. (10^{mm})*) gibt mit den Ocularen I., III. und IV. von Hartnack Vergrösserungen von 100, 150 und 275. Von der Nobert'schen Probeplatte wird mit Ocular III. die fünfte Gruppe noch deutlich gelöst. Von organischen Objecten liefert dasselbe ein scharf und bestimmt gezeichnetes Bild, welches jedoch im Ganzen etwas stark gelb gefärbt erscheint und an den Grenzlinien bemerklich blaue Ränder zeigt.

System 2 mit einer Brennweite von $1/8''$ par. ($4{,}00^{mm}$), vergrössert mit den gleichen Ocularen 190-, 288- und 525mal. Mit Ocular III. erscheint die achte Gruppe der Nobert'schen Platte noch sehr deutlich in Linien zerlegt. Das Bild organischer Objecte zeigt sich in seinen Begrenzungen scharf und rein gezeichnet und sehr lichtstark, die gelbe Färbung ist etwas geringer als bei System 1, doch immer noch etwas störend.

System 3 mit einer Brennweite von $1/12''$ par. ($2{,}65^{mm}$) vergrössert 280-, 420- und 690mal. Es löst unter gleichen Umständen wie oben die neunte Gruppe der Nobert'schen Platte noch recht schön, weniger deutlich die zehnte. Die Bilder organischer Objecte sind wie bei den oben genannten lichtstark, scharf in ihren Umrissen und Einzelheiten, ohne merkbare Farbensäume und im Ganzen nur mehr wenig gelb gefärbt, etwa denen von Hartnack's Nr. 8 zu vergleichen, doch nicht ganz so vollkommen. Bei schiefer Beleuchtung ist die Zeichnung auf der Schale von Pleurosigma ohne Schwierigkeit sichtbar zu machen.

*) Die in Pariser Zollen angegebene Brennweite beruht auf Schröder's Angaben, die in ^{mm} angegebene auf meinen eigenen Bestimmungen.

Was diese dialytischen Systeme im Allgemeinen betrifft, so ist nicht zu bestreiten, dass dieselben bei ihrem grossen Abstande von dem Objecte, ihrer Lichtstärke und der Schärfe des Bildes, namentlich in der Mitte des Gesichtsfeldes für histiologische Untersuchungen Vortreffliches zu leisten im Stande sind und den besten gleichwerthigen Systemen an die Seite gestellt werden dürfen, wenn Hr. Schröder einestheils die gelbe Färbung, anderntheils die blauen Ränder der Grenzlinien (bei den beiden schwächeren Systemen) vollständig zu beseitigen sich veranlasst findet, was ich nach brieflicher Mittheilung voraussichtlich annehmen darf.

Das Eintauchungssystem Nr. 1 mit einer Brennweite von $^1/_8$″ par. ($3{,}1^{mm}$) und einer Oeffnung von 150⁰ (nach Schröder's Angabe) gewährt mit den Ocularen I. bis III. von Hartnack 265-, 405- und 725fache Vergrösserungen. Es löst an der Nobert'schen Platte die 12. Gruppe und ebenso die gleichwerthigen natürlichen Probeobjecte. Bei schiefer Beleuchtung treten die Sechsecke auf der Schale von Pleurosigma angulatum sehr schön hervor. Das Bild organischer Objecte ist ohne Farbensäume, im Ganzen nur schwach gelblich gefärbt, gut begrenzt und hell erleuchtet, steht jedoch an Schärfe und Klarheit demjenigen der Hartnack'schen Eintauchsysteme etwas nach, ebenso dem der stärkeren Systeme von Belthle und Zeiss, die nicht zum Eintauchen bestimmt sind.

System 2 besitzt eine Brennweite von $^1/_{12}$″ par. ($2{,}25^{mm}$), 160^0 Oeffnung und vergrössert 315-, 480- und 860mal. Von der Nobert'schen Platte wird die 13. Gruppe noch hinreichend klar in Linien aufgelöst und die Sechsecke auf der Schale von Pleurosigma angulatum fangen an, über die ganze Schale sichtbar zu werden. Bei schiefer Beleuchtung treten dieselben sehr schön hervor, ebenso sieht man die Streifung auf Nitzschia sigmoidea.

Das System Nr. 3 besitzt eine Brennweite von $^1/_{16}$″ par. ($1{,}63^{mm}$), 175^0 Oeffnung und gewährt 530-, 810 und 1440fache Vergrösserungen. Die 16. Gruppe der Nobert'schen Platte erhielt ich bei geradem Lichte noch hinreichend gelöst, weit schöner die 15.; die Zeichnung von Pleurosigma angulatum erscheint deutlich, wenn auch nicht ganz so scharf, wie sie die Systeme 9 und 10 von Hartnack zeigen. Bei sorgfältig geregelter schiefer Beleuchtung werden auch die schwierigsten Probeobjecte, z. B. Grammatophora subtilissima, gelöst. Es bleibt aber auch hier die Schärfe der Zeichnung etwas gegen diejenige zurück, welche die eben genannten Systeme 9 und 10 gewähren. In Bezug auf das Bild organischer Objecte gilt auch für die Systeme 2 und 3, was ich bei Nr. 1 gesagt habe.

Die Eintauchsysteme des Herrn Schröder gehören im Ganzen zu den besten Leistungen unserer neueren deutschen Optiker, und ist nicht zu bezweifeln, dass dieselben durch eine weitere Vervollkommnung den besten Systemen dieser Art ebenbürtig werden. Ob diese Einrichtung auch für das schwächere System von $^1/_8$″ par. Brennweite gerathen sei, möchte ich bezweifeln, da man dessen optische Kraft ganz gut auch ohne Was-

ser erreichen kann, und das Princip, weil eben die Handhabung doch immer etwas Unbequemes hat, nur in Bezug auf solche Systeme zu billigen ist, von denen man die höchsten Leistungen verlangt *).

Die Nebenapparate, welche Schröder liefert, halten sich so ziemlich auf gleicher Höhe mit den früher mitgetheilten Preisen, weshalb ich dieselben nicht näher aufführe und nur das Schraubenmikrometer à 30 Thlr. und vorzugsweise den Lieberkühn'schen Spiegel zu den schwächeren Systemen, à 6 Thlr., besonders hervorhebe.

Carl Zeiss in Jena. Schon bei der Besprechung des einfachen Mikroskopes hatte ich Veranlassung, Herrn Zeiss, welchem dieses Hülfsmittel der Forschung manche wichtige Verbesserungen verdankt, rühmend zu erwähnen. In gleicher Weise strebt er auch schon seit längerer Zeit dahin, Stative sowie Objectivsysteme für das zusammengesetzte Mikroskop zu construiren, welche allen Anforderungen des wissenschaftlichen Mikroskopikers zu entsprechen im Stande seien. Da ich vor Jahren schon Gelegenheit hatte, in das ernste und rastlose Streben des Herrn Zeiss manchen Blick zu thun, so durfte ich aus dessen Werkstätte nur Vorzügliches erwarten. Diese Erwartung bestätigte sich denn auch, als derselbe so freundlich war, mir mehrere seiner Stative, seine sämmtlichen gangbaren Objectivsysteme, sowie einige ihm eigenthümliche Nebenapparate zur Prüfung zu übersenden.

Zeiss berechnet wie Schröder Stative, Objectivsysteme und Oculare gesondert und überlässt es der Wahl des Bestellers, sich sein Instrument in jeder Beziehung nach Wahl auszustatten.

Von Stativen baut Zeiss in der neuesten Zeit acht Formen 0., I., Ib., II., IIIb., IIIc., IV. und V.

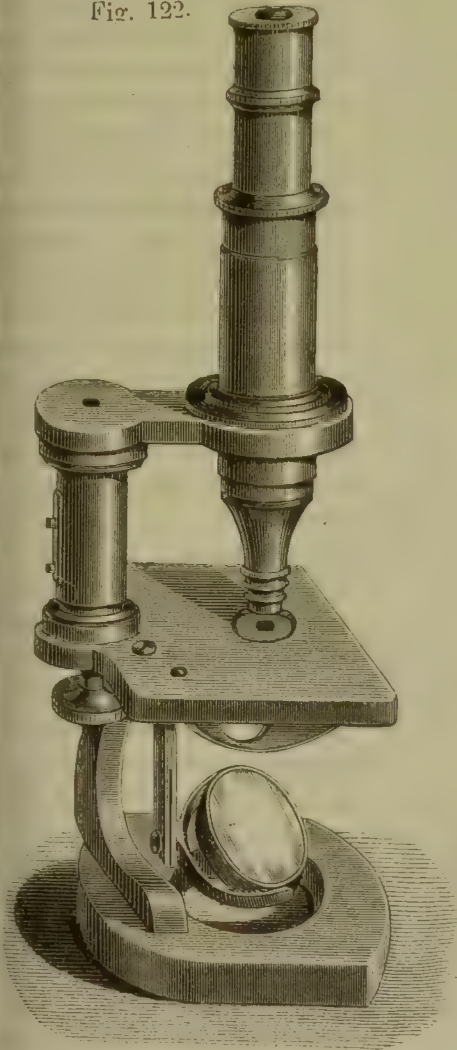
Das Stativ 0 ist ganz dem Oberhäuser'schen Hufeisenstativ nachgebildet und wird für sich mit 55 Thlr., mit den Objectivsystemen *A*, *C*, *D* und *F* und den Ocularen 1 bis 4, einer Camera lucida, einem Deckglastaster und Ocularglasmikrometer ausgerüstet zu 133 Thlr. berechnet. In vollständiger Ausstattung mit den Systemen *A*, *B*, *C*, *D*, *E* und *F*, sämmtlichen Ocularen 1 bis 4, mit grosser Beleuchtungslinse, Polarisationsapparat, Camera lucida, Compressorium, Deckglastaster, Objectiv- oder Ocularmikrometer steigt der Preis auf 200 Thaler.

Das mittlere Stativ I, Fig. 122, hat einen ringförmigen Fuss, welcher einen sehr festen Stand gewährt. Von diesem aus und durch drei starke Schrauben mit ihm verbunden, erhebt sich eine vierseitige geschweifte Säule, welche den Objecttisch sowie den übrigen Körper trägt. Der Objecttisch, viereckig und sehr fest, hat 80^{mm} Länge und 75^{mm} Breite und bietet hinreichend Raum zu jeglicher Manipulation. Er steht bei diesem Stative fest, dagegen wird dessen Drehung durch die äusserst sinnreiche Spiegeleinrichtung ersetzt. Der Spiegel ist nämlich mit seiner Kurbel statt unmittelbar an der Säule, an einem rechtwinklig gebogenen,

*) Nach einer brieflichen Mittheilung von Prof. Max Schulze in Bonn hat derselbe einige neueste Systeme Schröder's für ganz vorzüglich erkannt.

unter dem Tisch festgeschraubten Arm (s. Fig. 123) aufgehängt, so dass es möglich wird, denselben bei gleicher Neigung eine Seitendrehung von beinahe 180° machen und das schiefe Licht in verschiedener Richtung auf das Object fallen zu lassen. Kann diese Einrichtung auch den drehbaren Tisch nicht vollständig ersetzen, so muss man ihr doch das Verdienst zugestehen, jene theurere Einrichtung in mancher Beziehung entbehrlich gemacht zu haben. Auch die Blendungsvorrichtung dieses Statives bekundet einen Fortschritt. Sie besteht aus einer gewölbten Diaphragmenscheibe mit fünf Oeffnungen, die centrirt stets den höchsten Punkt der Vorrichtung einnehmen und so dem Objecte fast ebenso nahe gebracht werden können, wie die Cylinderblendungen. Die grobe Einstellung geschieht durch Verschiebung des Rohres, die feine mittelst Mikrometerbewegung der Tubussäule und es wirkt dieselbe mit einer Feinheit und Stetigkeit, die alle Anerkennung verdient.

Fig. 122.



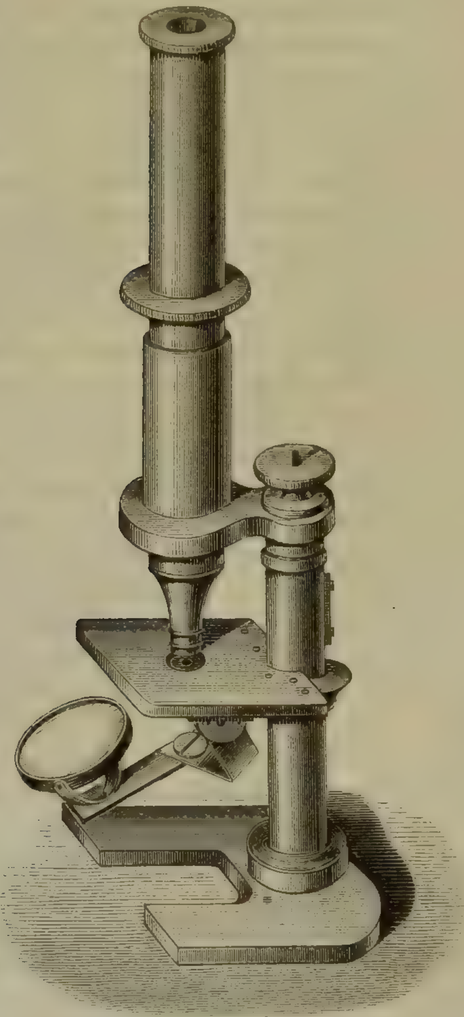
Mikroskop Nro. 1 von Zeiss.

Dieses Stativ entspricht fast allen Anforderungen, wie ein grösseres, während es bei seinem einfacheren Bau um weit niedrigern Preis zu erwerben ist. Mit den Objectivsystemen *A*, *C*, *D*, *F*, den Ocularen 1, 2, 3 und 4, mit Camera lucida, Deckglastaster und Ocularmikrometer ausgerüstet kostet dasselbe 105 Thlr.

Das Stativ Ib. ist in seinem obern Theile, ebenso in Bezug auf Spiegeleinrichtung und Blendungsvorrichtung dem vorigen gleich gebaut. Der Fuss und der sonstige untere Theil entspricht dagegen dem Hufeisenstativ, da bei demselben die Drehung des Objecttisches angebracht ist. Ich habe von Hrn. Zeiss eines dieser Stative zur Ansicht erhalten und kann es nur empfehlen. Wird es etwa noch mit von unten einzuschiebenden Cylinderblenden versehen, so kommt es den grossen Stativen ganz gleich, während es in seinem Preise sich doch bedeutend mässiger stellt, indem es mit obiger Ausstattung zu 120 Thlr. berechnet wird.

Die Stative III b. (Fig. 123) und III c. gehören in die Classe der kleinen Stative, und es unterscheiden sich beide wesentlich nur dadurch von einander, dass bei dem letzteren der Tisch drehbar ist. Der Fuss, bei dem ersteren von Hufeisenform, bei dem letzteren viereckig und schwer, trägt die Rundsäule, an welcher der quadratische feststehende Objecttisch von 50^{mm} Seite, sowie der Arm mit der federnden Hülse, in der sich das Rohr zur groben Einstellung verschieben lässt, befestigt sind. Spiegeleinrichtung und Blendungsvorrichtung gleichen der bei Nr. I beschriebenen. Die feine Einstellung wird mittelst Mikrometerbewegung der Tubussäule bewerkstelligt. Mit den Objectivsystemen *A*, *C*, *D* und *F* den Ocularen 1, 2, 3 und 4, Camera lucida, Deckglastaster und Ocularmikrometer ausgestattet, kosten diese Mikroskope 91 Thlr. resp. 104 Thlr. mit den Systemen *A* und *D* und den Ocularen 2, 3 und 4 45 Thlr. und resp. 53 Thlr.

Fig. 123.



Mikroskop Nro. III b. von Zeiss. (Schiefe Spiegelstellung.)

Die vier beschriebenen Modelle dürften meiner Ansicht nach die weiteste Verbreitung finden, und wäre im Interesse dieser nur zu wünschen, dass Zeiss bei seinen 1863 notirten Preisen stehen geblieben wäre.

Das Stativ II. und IV., beide mit solidem rundem Fuss, haben seitlich verstellbaren Spiegel, gewölbte Blendungsscheibe und feine Einstellung an der Tubussäule. Das erste wird für sich mit 20 Thlr., das letztere mit 11 Thlr. berechnet. Das kleinste Stativ V. mit rundem Fuss und nur grober Einstellung durch Tubusverschiebung, sonst dem Stativ IIIb ähnlich gebaut, wird mit System *A* und Ocular 2 zu 15 Thlr., mit demselben System und den Ocularen 2 und 3 zu 17 Thlr. berechnet.

Alle Stative sind in ihrer Ausführung vortrefflich, und es hat Zeiss

durch den feststehenden, räumlichen Objecttisch, namentlich aber durch die feine Einstellung an der Tubussäule, eine wesentliche Vervollkommnung der kleinen und kleinsten Stative herbeigeführt, welche allgemeine Nacheiferung verdient. Man kann bei dieser Einrichtung selbst mit den kleineren Stativen die stärksten Objectivsysteme verbinden, ohne dass das optische Vermögen beeinträchtigt wird. Da man ausserdem verschiedene Combinationen von Objectivsystemen und Ocularen wählen kann, so hat man in Bezug auf den Kostenpunkt einen möglichst freien Spielraum. Zeiss führt in seinem Preisverzeichnisse nicht weniger als 30 verschiedene Combinationen von Stativen, Objectivsystemen und Ocularen an, die in ihren Preisen von 200 Thlr. bis zu 15 Thlr. schwanken.

Diejenigen Combinationen, die ich für die passendsten erachte, sind neben den grossen und oben beschriebenen mittleren und kleineren Mikroskopen folgende:

Stativ I. od. 1 b.,	Objectivsystem *A*, *D*, *F*,	Ocular 2, 3 u. 4	zu 80 Thl.	u. 95 Thl.
„ I.	„ *A*, *D*,	„ 2, 3 u. 4	„ 54 „	„ 69 „
„ II.	„ *C*, *F*,	„ 2, 3 u. 4	„ 64 „	
„ II.	„ *A*, *D*,	„ 2, 3 u. 4	„ 47 „	
„ III b. od. III c.,	„ *C*, *F*,	„ 2, 3	„ 60 „	„ 68 „
„ IV.	„ *A*, *D*,	„ 2, 3 u. 4	„ 38 „	
„ IV.	„ *C*, *D*,	„ 2, 3 u. 4	„ 44 „	
„ IV.	„ *C*,	„ 2, 3	„ 27 „	

Objectivsysteme liefert Zeiss sechs Nummern *A* zu 6 Thlr., *B* zu 8 Thlr., *C* (zwei Objectivsysteme mit 3 und 2 Linsen gebend) zu 12 Thlr., *D* zu 15 Thlr., *E* zu 16 Thlr. und *F* zu 26 Thlr.

Von den vier Ocularen 1 bis 4, deren Gesichtsfeld etwas beschränkt ist, wird jedes zu 2 Thlr. berechnet.

Der optische Apparat ist bei sämmtlichen Mikroskopen ganz vorzüglich und gehören namentlich die Objectivsysteme dem ersten Range an.

Ich habe von den letzteren die gangbarsten und für alle Fälle ausreichenden *A*, *C*, *D* und *F* genauer untersucht und folgende Resultate erhalten:

Das System *A* hat eine Brennweite von 15,25^{mm} und vergrössert nach meinen eigenen Messungen mit den Ocularen 2, 3 und 4 75-, 130- und 190mal. An der Nobert'schen Platte konnte ich mit Ocular 3 die vierte Gruppe deutlich lösen. Das Bild organischer Objecte ist vollkommen farbenfrei und besitzt eine so scharfe Zeichnung, dass man dieses System den besseren von gleicher Stärke anreihen darf.

Die obere Linse lässt sich auch für sich allein gebrauchen und vergrössert mit dem zweiten und dritten Ocular 30- und 52mal.

Das System *C* besitzt eine Brennweite von 8,5^{mm} und eine Oeffnung von 41^0; seine Vergrösserungen betragen 130, 220 und 330. Das System ist sehr lichtstark und gewährt recht klar gezeichnete Bilder,

die im Ganzen eine nur wenig gelbliche Färbung haben, kaum aber Farbensäume zeigen. Von der Nobert'schen Platte wird noch die sechste Gruppe schön gelöst, und die Querstreifen der Hipparchia Janira treten bei schiefem Lichte entschieden und scharf hervor, ebenso die Querlinien auf der Schale von Pleurosigma attenuatum in Balsam. Schraubt man die mittlere Linse heraus und an deren Stelle ein kleines beigegebenes Rohr, so erhält man ein schwächeres Linsensystem mit zwei Achromaten, welches an Vergrösserung dem System *A* gleichkommt und sich ganz brauchbar erweist.

Das System *D* mit einer Brennweite von $3{,}6^{mm}$ und einem Oeffnungswinkel von 67^0 vergrössert nach meinen Messungen 300-, 520- und 760-mal. Es ist ein Glas von ganz vortrefflicher Wirkung, namentlich für gerades Licht. Das Bild ist bei dem Gebrauche eines passenden Deckglases von 0,2 bis $0{,}3^{mm}$ Dicke sehr klar und bestimmt gezeichnet, in jeder Weise farbenfrei, äusserst lichtstark und eben, so dass ich dasselbe in diesen Beziehungen demjenigen des Systemes 3 von Belthle und 7 von Hartnack, welche noch etwas stärker sind, an die Seite setzen kann. Sein Auflösungsvermögen erreicht ebenfalls einen hohen Grad, indem es dem genannten System von Belthle nahezu gleichkommt. Die Querstreifen der Hipparchia Janira, ebenso der Pleurosigma attenuatum treten bei geradem, die Sechsecke auf der Schale von Pleurosigma angulatum bei schiefem Lichte sehr bestimmt hervor, und an der Nobert'schen Platte wird noch die zehnte Gruppe gelöst.

Von fast noch höherer Vollendung ist das stärkste System *F* mit einer Brennweite von $1{,}9^{mm}$, 102^0 Oeffnung und 530-, 980- und 1440-facher Vergrösserung. Gegen die Deckglasdicke ist dasselbe etwas empfindlich, liefert aber auch, wenn man diese ($0{,}2^{mm}$) passend gewählt hat, ganz vorzüglich klare, scharf umschriebene, farbenfreie, lichtstarke und ebene Bilder organischer Objecte, deren feinste Structurverhältnisse es vortrefflich aufhellt. In dieser Beziehung steht es den Objectivsystemen 4 von Belthle, sowie den Eintauchsystemen von Hartnack zur Seite. Was sein auflösendes Vermögen anlangt, so wird es darin nur von wenigen Systemen übertroffen, deren Preis dann aber auch um das Doppelte und mehr höher steht. Auf Synedra fulgens kann ich bei geradem Lichte die Streifen sehr deutlich sehen und auch die Sechsecke auf Pleurosigma angulatum treten bei günstiger Beleuchtung zart gezeichnet hervor, während von der Nobert'schen Platte die 13. Gruppe gelöst wird. Bei schief einfallendem Lichte habe ich auch die schwierigsten natürlichen Probeobjecte mit Ausnahme von Frustulia saxonica gelöst erhalten, wenn auch nicht ganz mit der Schärfe, wie dies bei den Eintauchsystemen von Hartnack der Fall ist, die ausserdem an Lichtstärke noch etwas höher stehen.

Eine Eigenschaft besitzen indessen die beiden zuletzt genannten Systeme, welche sich namentlich bei geradem Lichte geltend macht und mir in der Weise noch nicht vorgekommen ist. Dieselben sind nämlich sehr

empfindlich gegen die Krümmung des Spiegels, sowie gegen dessen Entfernung vom Objecte, so dass es Zeiss erst nach längeren Versuchen, welche auf meinen darauf bezüglichen Mittheilungen beruhten, gelungen ist, seinen Spiegeln die Einrichtung zu geben, welche den Systemen bei geradem Lichte ihre volle Kraft zu entfalten gestatten. Ich selbst habe die Eigenschaft dadurch erkannt, dass ich die Zeiss'schen Systeme auch bei meinen Stativen von Hartnack und Belthle benutzte, bei denen der Brennpunkt des Spiegels zum mindesten nahe mit dem Objecte zusammenfällt, während er bei den Zeiss'schen Stativen früher über demselben lag. Während ich bei meiner Prüfung an dem Stativ I. von Hrn. Zeiss bei geradem Licht etwas milchige und nicht ganz scharfe Bilder organischer Objecte erzielte, wenn ich nicht stark abblendete, waren dieselben mit denselben Objectivsystemen an den anderen Stativen ganz ausgezeichnet, wie sie sich mir auch bei dem neuerdings zur Ansicht mitgetheilten Stative I b. und einem III b. darstellten, welche mit den neu construirten Spiegeln versehen sind. Ich erwähne dieser Eigenschaft vorzugsweise deshalb, weil ein oder der andere Forscher die gleiche Erfahrung machen und sich veranlasst sehen könnte, den Grund davon in einer anderen Ursache zu suchen.

Die verschiedenen Nebenapparate des Mikroskopikers fertigt Herr Zeiss ebenfalls und zwar um recht mässige Preise an und verdient deren Ausführung, soweit sie mir bekannt geworden sind, alles Lob.

G. B. Amici, Professor und Director des Observatoriums zu Florenz. Sobald die ersten Versuche der beiden Chevalier in Paris zur Herstellung achromatischer Objectivsysteme für das Mikroskop und deren Erfolge bekannt wurden, wendete sich auch Amici seinen früheren, zeitweise verlassenen Untersuchungen in dieser Richtung wieder zu und verlegte sich auf die Construction solcher Systeme. Seine Bestrebungen wurden von solchem Erfolge gekrönt, dass er schon 1827 ein aplanatisches Mikroskop vorlegen konnte, welches die Chevalier'schen wo nicht übertraf, doch mindestens erreichte. Von besonderem Vortheil für die Vervollkommnung der Amici'schen Mikroskope war der Umstand, dass Amici nicht nur praktisch und theoretisch gebildeter Optiker, sondern auch tüchtiger wissenschaftlicher Beobachter war und so die Bedürfnisse des ausübenden Mikroskopikers in vollem Maasse würdigen und denselben gerecht werden konnte. Es gingen deshalb auch aus seinen Händen seit 1827 bis zur neuesten Zeit Instrumente hervor, welche sich, in ihrem optischen Theile zum wenigsten, der vollkommensten Anerkennung der Forscher zu erfreuen hatten.

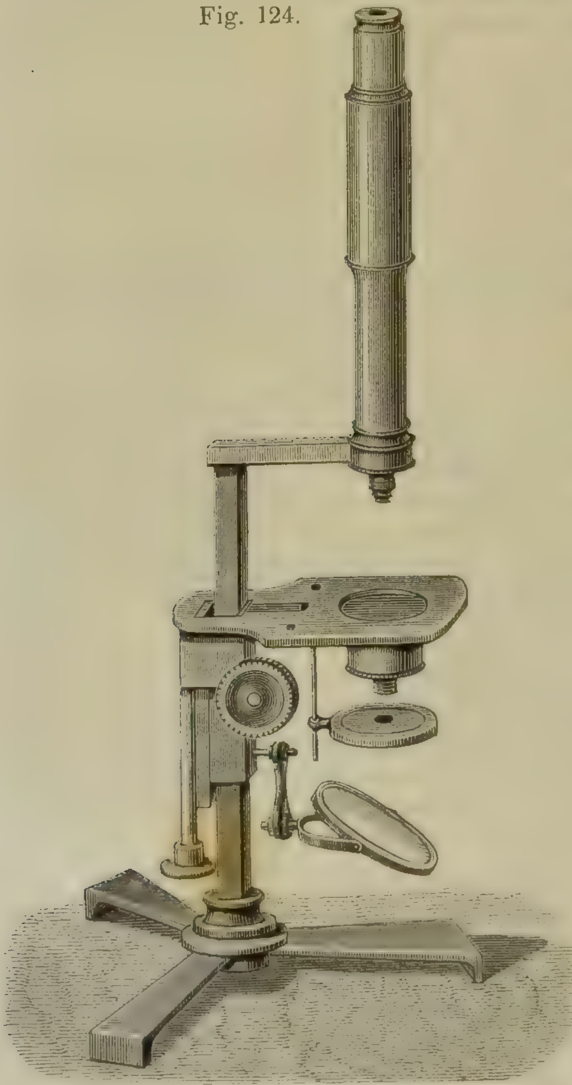
Seit dem 10. April 1863 ist der tüchtige Forscher und Optiker nicht mehr unter den Lebenden. Da sich indessen eine nicht geringe Zahl von Instrumenten in den Händen von Anatomen und Aerzten befinden, sich mithin nicht selten Gelegenheit bieten wird, ein solches zu erwerben, habe ich denselben einen Platz in diesem Werke nicht versagen zu dürfen geglaubt.

Von den grösseren Instrumenten Amici's ist mir nur ein ganz vortreffliches älteres aus dem Ende der 40ger Jahre bekannt, während ich von den neueren nur ein mittleres Mikroskop zu sehen und zu prüfen Gelegenheit hatte. Ich werde mich daher in dem Folgenden im Allgemeinen an die Mittheilungen von Dr. Lambl in Prag halten (Vierteljahresschrift für praktische Heilkunde etc. 1859 I. Reisebericht Seite 200 u. f.), der mit den Amici'schen Mikroskopen aufs Genaueste bekannt ist.

Amici construirte drei verschiedene Mikroskopformen, ein grosses, ein mittleres und ein Taschenmikroskop, von denen jedes eine ganz bestimmte optische Ausstattung erhält.

Das Stativ des grossen Mikroskopes ist im Wesentlichen in seiner mechanischen Einrichtung den älteren (Fig. 124) gleich, und hat Amici nur den Beleuchtungsapparat dahin verändert, dass er an die Stelle des Spiegels das später bei den Nebenapparaten zu beschreibende Prisma gesetzt hat, welches jeden Wechsel der Beleuchtung gestattet, sowohl was die Richtung der Lichtstrahlen, als deren Intensität betrifft. Dasselbe wird mit sechs Objectivsystemen, Serie I. bis VI., und zwei Ocularen ausgestattet, und es wechselt sein Preis je nach der Beigabe von Nebenapparaten von 600 bis 800 Franken (160 bis 215 Thlr.).

Fig. 124.



Grosses Mikroskop von Amici.

Die Serie I., welche mit den beiden Ocularen bei verkürzter (normaler) Rohrlänge Vergrösserungen von 78- und 100mal liefert, dient sowohl für die Beobachtung mittelst durchgehenden, als mittelst auffallenden Lichtes, welch

letztere Beleuchtungsweise durch das Amici eigenthümliche Prisma bewirkt wird.

Serie II. mit Vergrösserungen von 200 und 258 ist, wie die vorige für beiderlei Beleuchtungsweisen, also sowohl zur Beobachtung durchsichtiger wie undurchsichtiger Gegenstände bestimmt. Zur Beleuchtung der letzteren dient, wenn sie grösser sind, das erwähnte Prisma, wenn sie dagegen klein sind, ein silberner Lieberkühn, der an das System unten angeschraubt wird.

Serie III. mit Vergrösserungen von 420- und 541 mal ist blos zur Beobachtung durchsichtiger Gegenstände ohne Deckglas bestimmt, verträgt indessen auch noch ein sehr dünnes Deckglas, ohne dass die Bilder wesentlich beeinträchtigt werden.

Serie IV. mit Vergrösserungen von 433 und 577 ist nur für die Beobachtung durchsichtiger Gegenstände geeignet, welche mit einem Deckglase von 1,1^{mm} bedeckt sind. In engen Grenzen kann indessen diese Dicke wechseln, ohne dass die Schärfe und Klarheit der Bilder leidet.

Serie V. ist zum Eintauchen in Wasser bestimmt und hat mit der vorhergehenden etwa gleiche Vergrösserungskraft. Dieselbe ist gleichfalls nur für die Beobachtung durchsichtiger, bedeckter Gegenstände eingerichtet, aber keineswegs an so enge Grenzen in der Deckglasdicke gebunden, wie jene, da hier die Wasserschicht die betreffenden Compensationen kewirkt.

Serie VI., mit Vergrösserungen von 866- und 1154mal ist zum Eintauchen in Oel eingerichtet, wozu man ganz reines klares Mohnöl oder Süssmandelöl verwendet. Auch hier ist man, wie bei V., nicht an eine ganz bestimmte Dicke des Deckglases gebunden, und kann diese in noch weiteren Grenzen zwischen dem Abstande der unteren Linsen vom Objecte schwanken, als bei jener, da das Oel an Brechungsvermögen dem Material aus welchem die untere Linse besteht, fast gleichkommt.

Das mittlere Mikroskop wird auf den Kasten aufgeschraubt. In seinen Einrichtungen für Einstellung und Beleuchtung bietet es so ziemlich das Gleiche, wie das grössere Mikroskop. Es gehören zu diesem Instrumente drei Objectivsysteme, von denen eines zum Eintauchen in Wasser dient, nebst zwei Ocularen und es beträgt dessen Preis 200 Frcs., was im Verhältniss zu den Leistungen äusserst billig ist.

Von einem dieser Instrumente hatte ich Gelegenheit die Objectivsysteme kennen zu lernen.

Das schwächste, welches an vergrössernder Kraft etwas über dem Systeme Nr. 1 von Belthle zu stehen schien, gewährte ganz schöne und klare Bilder, jedoch waren dieselben nicht ganz ohne Farbe.

Das mittlere System, etwas stärker, als das System 3 von Belthle, gewährte sehr scharfe, klare und dabei völlig farbenfreie Bilder von organischen Objecten, mit denen ich etwa diejenigen des genannten Systemes von Belthle vergleichen möchte. Auf der Schale von Pleurosigma attenuatum wurden die Querstreifen bei direct auffallendem Lichte deut-

lich gesehen und bei schiefer Beleuchtung traten auch die Sechsecke des Pleurosigma angulatum bestimmt hervor.

Das stärkste System, welches etwa dem System 9 von Hartnack gleichkommt, ist zum Eintauchen in Wasser bestimmt. Die Sechsecke auf der Schale von Pleurosigma angulatum lassen sich bei centraler Beleuchtung schon erkennen, deren Zeichnung ist aber — wenn ich so sagen darf — etwas duftig, so dass sie nicht ganz so scharf hervortritt, wie bei dem Systeme 9 von Hartnack. Mittelst schief einfallenden Lichtes löst man sicher sämmtliche der schwierigeren Probeobjecte, denn die Querstreifen der Grammatophora subtilissima, die mir zur Zeit bloss zur Verfügung stand, habe ich deutlich erkannt. In Bezug auf das Bild organischer Objecte erreichte das System die Hartnack'schen nicht ganz, dieselben erschienen mir etwas milchig, nicht ganz so klar, wie bei den letzteren, und obwohl die Grenzen im Sonstigen scharf gezogen erschienen, traten doch schmale, bläuliche Farbensäume hervor. Jedenfalls gehört indessen das System zu denen, welche die höchste optische Kraft repräsentiren und bei der Erforschung der feinsten Structurverhältnisse ihre vorzüglichen Dienste leisten.

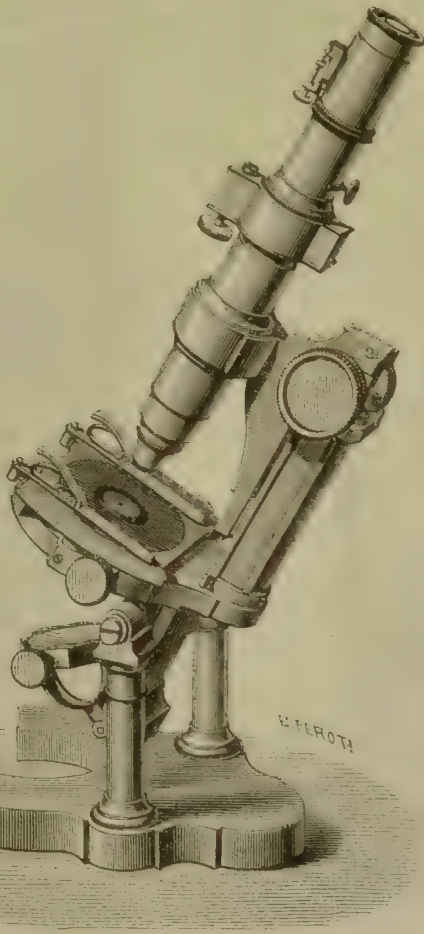
Das kleinste Mikroskop soll nach der Beschreibung Dr. Lambl's ein Taschenmikroskop im wahren Sinne des Wortes sein, da sich dessen Röhre auf die Länge von 60^{mm} reduciren lässt und das ganze Instrument keinen grösseren Raum einnimmt, als ein Tauchnitz'sches Taschenwörterbuch. Es hat einen einzigen Linsensatz mit einem Ocular mit Vergrösserung von 230 bis 250, und wird um den Preis von 50 bis 60 Fres verabfolgt.

Nachet et fils in Paris (rue Saint-Séverin, 17). Von Nachet sind seit Jahren eine nicht unbedeutende Anzahl von Mikroskopen, namentlich auch der kleinern Form, in Deutschland verbreitet worden. Dieselben wurden von manchen Seiten den besseren deutschen Instrumenten stets gleich oder gar über dieselben gestellt. Namentlich fanden die während der 34. Naturforscherversammlung in Wien im Herbste 1856 ausgestellten Modelle grosse Anerkennung, wobei indessen zugleich constatirt wurde, dass der optische Apparat dem der besseren deutschen Mikroskope nicht überlegen sei.

Das neue grosse Stativ (Fig. 125) hat einen hufeisenförmigen Fuss, von dem aus sich die beiden senkrechten Säulen erheben, auf denen mittelst der horizontalen Achse der ganze Körper ruht, so dass das Mikroskop von der senkrechten bis zur horizontalen in jede beliebige Richtung gebracht werden kann und fest stehen bleibt. Der grosse, mit einer schwarzen Glastafel bedeckte Objecttisch ist um seine Achse drehbar und ausserdem ist noch ein besonderer Tisch beigefügt, der die geradlinige Bewegung des Gegenstandes in verschiedenen Richtungen gestattet. Die Einstellungsvorrichtungen sind die ähnlichen, wie bei den grossen englischen Stativen. Die grobe Einstellung wird mittelst eines an der Tubus-

äule befindlichen, in ein vierkantiges Gehäuse eingeschlossenen Triebes, die feine mittelst einer Mikrometerschraube ausgeführt, welche in der Mitte des Rohres befindlich die Hebung und Senkung einer inneren Röhre bewirkt, an deren unterem Ende die Objectivsysteme angeschraubt werden. Der Spiegel ist mittelst eines gegliederten Armes nach vorn aus der Achse beweglich, und die versenkbaren Cylinderblenden können mittelst Schlittens gewechselt werden. Als weiteres Unterstützungsmittel für die Beleuchtung dient der Condensor. Dieser ist sowohl in horizontaler, als in senkrechter Richtung beweglich und mit Diaphragmen zur Abhaltung der Achsen- oder der Randstrahlen versehen, so dass eine möglichst vielseitige Beleuchtungsweise in Anwendung kommen kann.

Fig. 125.



Neues grosses Stativ von Nachet.

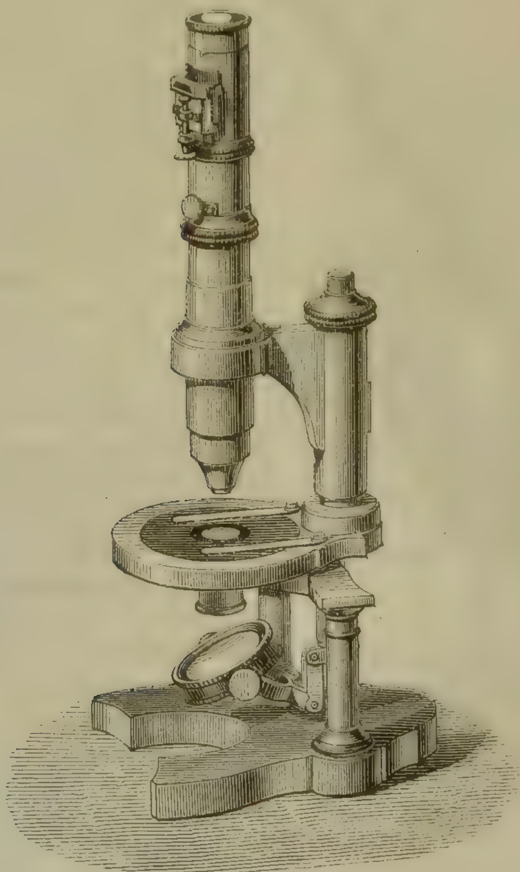
Zu diesem Stative gibt Nachet die Objectivsysteme 0, 1, 2, 3, 4, 5, 6 und 7, wovon Nr. 3 bis 7 mit Verbesserungseinrichtung, ferner drei Oculare mit solcher Einrichtung, dass man ohne Verschraubung der Linsen ein Ocularmikrometer einlegen und dasselbe in die passende Entfernung vom Auge bringen kann. Weiter kommen noch als Nebenapparate hinzu: ein Goniometer, ein Polarisationsapparat, ein Quetscher, ein Amici'sches Prisma, eine grosse Beleuchtungslinse auf eigenem Fuss, ein Object-Glasmikrometer, eine Sammlung von Dissectionsinstrumenten etc. Der Preis beträgt 1300 Franken und, kommt das Correctionssystem Nr. 8 hinzu, 1500 Franken.

Ein ähnliches Mikroskop zum Umlegen, mit etwas vereinfachter Einrichtung, mit grober Einstellung durch Tubusverschiebung, mit den gewöhnlichen Objectivsystemen 0, 1, 2, 3, 5 und 7, drei Ocularen, Ocular-

und Objectglasmikrometer, Zeichnungsapparat, Beleuchtungslinse u. s. w. kostet 660 Franken.

Das grosse aufrechte Stativ (Fig. 126) besitzt im Wesentlichen dieselbe Einrichtung, wie das eben beschriebene, und unterscheidet sich nur durch die Blendungsvorrichtung, welche, statt des Schlittens mit Hebel, aus einer unter dem Objecttisch drehbaren Platte besteht, welche in einer Hülse die senkrecht verschiebbaren Cylinderblenden aufnimmt. Es bietet dieses somit alle Vortheile der grossen Stative und kostet mit den Objectivsystemen 1, 2, 3, 5, 7, drei Ocularen u. s. w. 500 Franken.

Fig. 126.



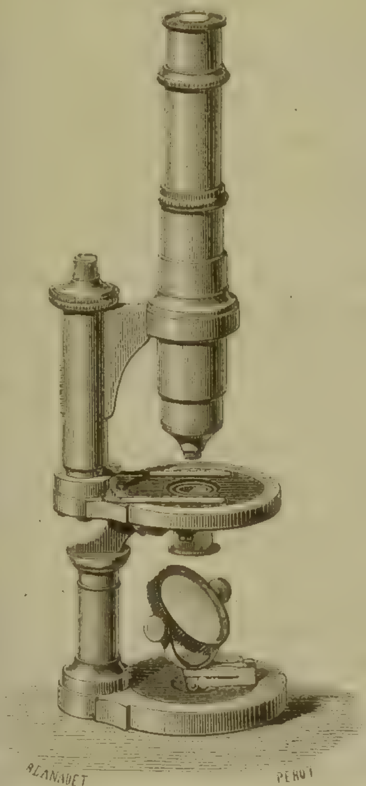
Nachet's grosses aufrechtes Stativ.

Das mittlere Mikroskop Nr. V. des Preisverzeichnisses, Fig. 127, besitzt ein als Arbeitsmikroskop sehr bequemes und völlig ausreichendes Stativ mit drehbarem, grossem runden Tisch und einem optischen Apparat von fünf gewöhnlichen Objectivsystemen 1, 2, 3, 5, 7, drei Ocularen und einem Ocularglasmikrometer. Der Preis stellt sich auf 380 Franken. Ein ähnliches Instrument zum Umlegen kostet 420 Frnk.

Von kleineren Mikroskopen führt Nachet verschiedene, von denen ich namentlich das unter Nr. VII. in dem Preisverzeichnisse (Fig. 128) aufgeführte hervorheben möchte (das ähnlich gebaute Mikroskop VI. zum Neigen finde ich wenig zweckmässig für den Gebrauch). Dasselbe gleicht, wie aus der nebenstehenden Figur zu ersehen ist, so ziemlich dem früher beschriebenen Mikroskope VIII. von Hartnack und unterscheidet sich nur durch den runden Fuss, auf welchem der für schiefe Beleuchtung eingerichtete Spiegel in der Weise angebracht ist, wie bei dem grossen Mikroskope von Plössl, dann durch die Blendungsvorrichtung, welche weit unvollkommener ist und aus einer drehbaren Scheibe mit drei nach unten befestigten, verschieden weiten Hohlcylindern besteht.

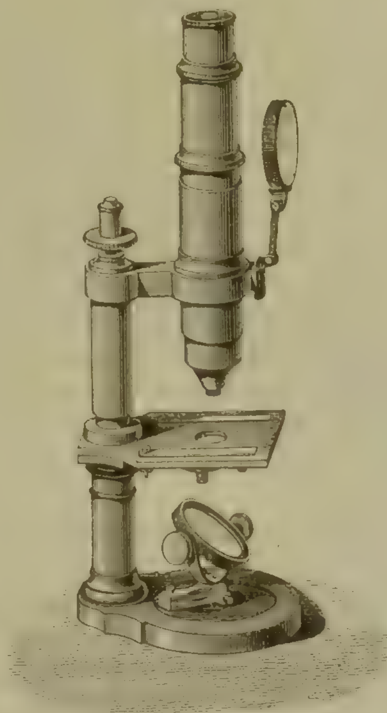
Mit den Objectivsystemen 1, 3, 5, drei Ocularen, einer kleinen Beleuchtungslinse und anderen Kleinigkeiten ausgerüstet, kostet dasselbe 165 Franken, von deutschen Commissionären Nachet's bezogen 58 Thlr.

Fig. 127.



Mittleres Mikroskop von Nachet.

Fig. 128.



Kleines Mikroskop von Nachet.

Ich habe Gelegenheit gehabt, mehrere Nachet'sche Mikroskope, darunter einige kleine und ein grosses zu 660 Fr., kennen zu lernen und zum Theil näher zu prüfen.

Die mechanische Arbeit an den Nachet'schen Instrumenten verdient alles Lob, namentlich ist sein grösstes Stativ ein wahres Muster prächtigen Baues. Zum Arbeiten ziehe ich ihm indessen das grosse und mittlere Hufeisenstativ Hartnack's u. A. und das Kellner'sche Stativ vor. Von den Objectivsystemen habe ich nur die Nummern 1, 3, 5 und 7 der gewöhnlichen Form, d. h. ohne Verbesserungseinrichtung untersucht. Leider war es mir bisher nicht vergönnt, eines oder das andere der Systeme mit Verbesserungseinrichtung, oder der in neuester Zeit auch zum Eintauchen construirten Systeme zu sehen und zu prüfen. Ich weiss aber aus mündlicher Mittheilung von Kennern des Mikroskopes, auf deren Urtheil ich mich positiv verlassen kann, dass die nicht zum Eintauchen eingerichteten Correctionssysteme 7 und 8 an Gesammtleistungsfähigkeit die Objectivsysteme 9 und 10 von Hartnack nicht erreichen und wegen des

sehr kleinen Abstandes und der geringeren Lichtstärke weniger bequem und vortheilhaft zu gebrauchen sind, wie diese.

System 1 mit einer Brennweite von 12^{mm} löst bei einer mit dem zweiten Ocular erhaltenen 130- bis 140fachen Vergrösserung die dritte Gruppe der Nobert'schen Probeplatte auf und gewährt ein scharfes und farbenfreies Bild von organischen Objecten.

System 3 mit einer Brennweite von $4{,}8^{mm}$ löst mit Ocular II. bei einer etwas über 400fachen Vergrösserung die siebente Gruppe, weniger deutlich die achte, und gewährt von organischen Gegenständen gleichfalls ein scharfes, aber nicht ganz farbloses Bild. Ausserdem besitzt es einen verhältnissmässig kleinen Abstand und eine nicht ausreichende Lichtstärke.

System 5 mit einer Brennweite von $2{,}5^{mm}$ löst bei einer etwa 550-fachen Vergrösserung die neunte, weniger deutlich auch die zehnte Gruppe der Nobert'schen Platte. Die Bilder organischer Objecte sind scharf, aber nicht ganz so rein gezeichnet, wie bei den entsprechenden Systemen Belthle's, Hartnack's und Zeiss'.

System 7 mit einer Brennweite von $1{,}6^{mm}$ löst bei etwas über 900-facher Vergrösserung noch die 11. Gruppe der Nobert'schen Platte. Von den Bildern organischer Objecte gilt dasselbe, was bei System 5 gesagt wurde *).

Diese beiden stärkeren Systeme haben einen sehr geringen Abstand und besitzen eine nicht bedeutende Lichtstärke, so dass die Bilder bei Anwendung von stärkeren Ocularen nur noch wenig erhellt sind. Im Ganzen werden sonach die Nachet'schen Objectivsysteme dieser Art von den entsprechenden Systemen Belthle's, Hartnack's und Zeiss' übertroffen, sowohl was ihre Gesammtleistungsfähigkeit als was ihre practische Brauchbarkeit betrifft, welche namentlich durch die geringere Lichtstärke etwas beeinträchtigt wird.

Die untersuchten Objectivsysteme sind indess schon vor etwa sechs Jahren construirt und ist es wohl möglich, dass Nachet unterdessen weitere Fortschritte gemacht hat **).

Die Preise der Objectivsysteme, wobei unter *a* die trocken zu gebrauchenden, unter *b* die zum Eintauchen bestimmten gewöhnlichen, unter *c* und *d* die entsprechenden Systeme mit Verbesserungseinrichtung aufgeführt stehen, sind folgende:

---

*) Die Brennweite der beschriebenen Systeme ist Harting entnommen, da ich nicht Gelegenheit hatte, sie selbst zu bestimmen.

**) Nach einer Mittheilung von Hrn. Prof. Hofmeister in Heidelberg soll Nachet in neuester Zeit bedeutende Fortschritte gemacht haben. Namentlich soll sich sein stärkstes System dadurch auszeichnen, dass es bei einem grossen Focalabstand noch bis $\frac{1}{5}^{mm}$ dicke und dickere Deckgläser zulässt.

	a	b	c	d
Nr. 0	15 Frcs.			
„ 1	20 „			
„ 2	20 „			
„ 3	25 „		50 Frcs.	
„ 4	30 „		60 „	
„ 5	35 „	50 Frcs.	75 „	80 Frcs.
„ 6	50 „	60 „	100 „	120 „
„ 7	80 „	100 „	125 „	150 „
„ 8				200 „

Die Oculare 1, 2 und 3 werden zu je 10 Frcs. berechnet. Die Nebenapparate erhält man von Nachet, soweit mir dieselben bekannt geworden sind, in sehr schöner Ausführung und verhältnissmässig billig, z. B. ein Mikrometerocular à 15 Frcs., ein Objectmikrometer ($1^{mm} = 100$ Theile) à 8 Frcs., Prisma zur Bildumkehrung à 25 Frcs., Condensor für gerades Licht à 25 Frcs., für schiefes Licht à 15 Frcs., Amici's Prisma à 25 Frcs.; die Camera lucida, um auf horizontaler Fläche zu zeichnen, à 25 Frcs., ein Goniometer à 25 Frcs., Quetscher à 25 Frcs., Polarisationsapparat à 40 Frcs.

III. Schlussbemerkung.

In der vorstehenden Aufzählung einer Reihe unserer vorzüglichsten neueren Mikroskope hoffe ich dem Leser hinreichende Anhaltspunkte gegeben zu haben, die ihm bei der Auswahl eines Instrumentes dienen können. Eines weitern Rathes in dieser Beziehung kann ich mich daher enthalten. Nur Zweierlei will ich zum Schlusse nicht unberührt lassen. Erstlich möchte ich Jedem, der sich zu einem ernsteren Studium der Histiologie wendet und dieselbe etwa zu seinem Lebensberufe zu wählen entschlossen ist, empfehlen, sich von vornherein ein in mechanischer Beziehung vollendetes Instrument anzuschaffen, damit er sich nicht später zu einem Wechsel veranlasst und zu pecuniärem Verluste gezwungen sieht. Der optische Apparat, der im Anfange weniger umfangreich zu sein braucht, kann später je nach Bedürfniss vervollständigt werden. Dann warne ich Jeden vor Anschaffung der mittelst Zeitungsannoncen angepriesenen Instrumente, die durch ihren anscheinend äusserst geringen Preis etwas Verlockendes haben. Ich habe solche, selbst von Leuten, deren Beruf es ist, die Wissenschaft und ihre Jünger zu fördern, empfohlene kleine Mikroskope geprüft und mich überzeugt, dass dieselben zu wissenschaftlichen Untersuchungen ganz unbrauchbar sind. Ebenso hüte man sich, etwa für den Schulgebrauch, vor den hie und da angepriesenen sogenannten Salon- und Schulmikroskopen, welche strengeren Anforderungen nie genügen können. Das für solche Instrumente ausgegebene Geld ist immer verloren. Wer einmal das wirkliche Bedürfniss hat, sich ein Mikroskop anzuschaffen, der wende sich nur an eine der bekannten und bewährten Firmen, wenn ihm nicht ein praktischer Mikroskopiker rathend zur Seite steht.

FÜNFTER ABSCHNITT.

MIKROSKOPE ZU BESONDEREN ZWECKEN.

Zu den Mikroskopen, welche nicht sowohl der wissenschaftlichen Forschung im Allgemeinen, als nur einzelnen Zwecken, namentlich auch denen des Unterrichtes, dienen, gehören: das sogenannte multoculare, stereoskopische, bildumkehrende, umgekehrte (chemische), photographische Mikroskop, das Bild- (Sonnen- und Hydrooxygengasmikroskop) und das Polarisationsmikroskop.

Obwohl allen diesen Instrumenten überall eine nur sehr begrenzte Verwendbarkeit, selbst zu Zwecken der Demonstration, eigen ist, dürfen wir dieselben hier doch nicht ganz übergehen und wollen ihnen eine kurze Betrachtung widmen.

Multoculares und stereoskopisches Mikroskop. — Die multocularen sowie die stereoskopischen Mikroskope beruhen im Grunde alle auf dem Principe der Theilung der von dem Objectivsysteme ausfahrenden Strahlenbündel in zwei oder mehrere Theile, von welchen jeder einzelne durch eine gesonderte Röhre einem anderen Oculare zugeführt und wodurch das mikroskopische Bild in entsprechender Weise vervielfältigt wird.

Die Spaltung der objectiven Strahlenbündel kann nun aber auf doppeltem Wege erreicht werden, entweder mittelst der, durch die Brechung in Prismen veranlassten, Ablenkung nach verschiedenen Seiten, oder durch die, an den Grenzwänden von entsprechend gestalteten Prismen erfolgende, vollständige Zurückwerfung.

Das letztere Mittel ist das am längsten angewendete, und zwar war es der nordamerikanische Gelehrte, Professor Riddell, welcher zuerst mit Erfolg diesen Weg betrat. Nach ihm wurden manche Verbesserungen der ursprünglichen Einrichtung vorgenommen, von denen wir übrigens nur einige kurz erwähnen wollen.

Nach der Methode Riddell's werden entweder vier rechtwinklige Prismen *abh*, *cdeklm* und *ifg* (Fig. 129), oder zwei rautenförmige *abcd* und *efgl* (Fig. 130) oder endlich zwei rechtwinklige Prismen (Fig. 131) in entsprechender Weise mit einander verbunden, um die beabsichtigte Theilung der Strahlenbündel zu erreichen. In welcher Weise hierbei der gewünschte Erfolg erzielt wird, geht unmittelbar aus der Betrachtung der Fig. 132 hervor und bedarf keiner weiteren Erläuterung.

Fig. 129.

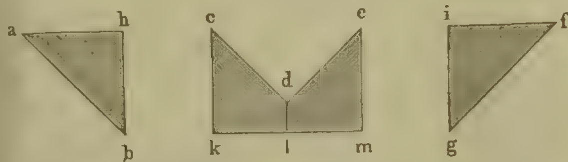
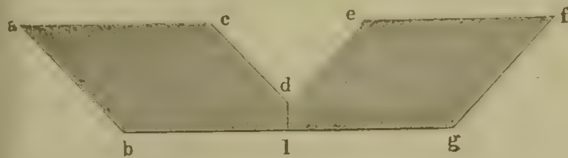


Fig. 130.



Ebenso leuchtet ein, dass in den beiden ersten Fällen die Richtung in den Theilen der Strahlenbündel mit der ursprünglichen Richtung gleichlaufend ist, während im letzteren Falle die Theilbündel divergirend austreten.

Fig. 131.

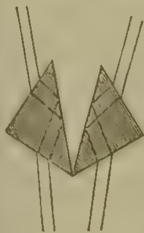
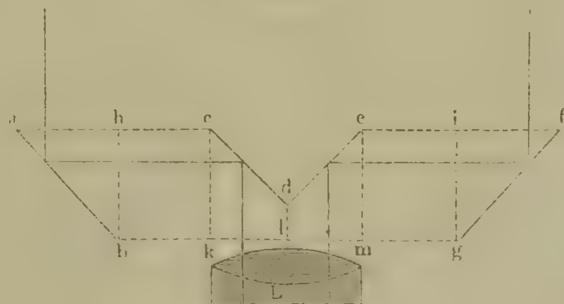
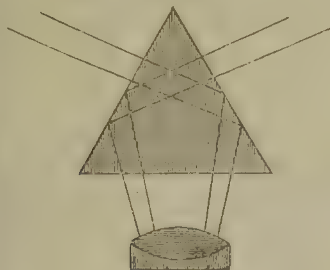


Fig. 132.



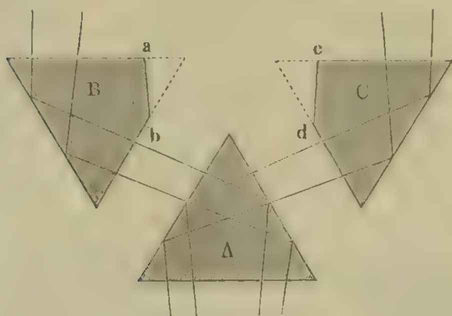
Nachet hat die Einrichtung für die Spaltung der Strahlenbündel insofern sehr vereinfacht, als er nur ein einziges gleichseitiges Prisma (Fig. 133) anwendet. Die beiden neuen Strahlenbündel sind aber in diesem Falle immer sehr stark divergirend und es bedürfen die entsprechenden Röhren des Mikroskopkörpers einer stark geneigten Stellung. Will man diese vermeiden, so kann es leicht dadurch geschehen, dass man zu beiden Seiten des ersten Prismas *A* (Fig. 134) auf dem

Fig. 133.



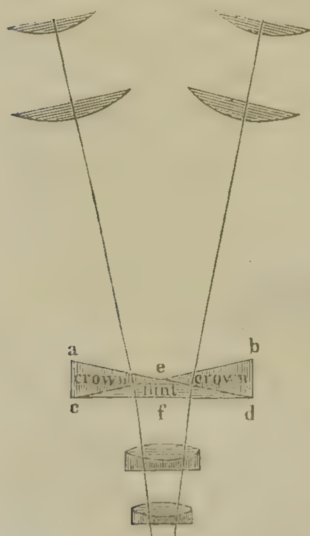
Wege der beiden Strahlenbündel zwei weitere Prismen *B* und *C* anbringt, welche diesen die gewünschte Richtung ertheilen. Werden die beiden letzten Prismen so angeordnet, dass ihre Reflexionsebene mit jener des ersten Prismas einen Winkel von 90° bildet, dann wird zugleich eine vollständige Umkehrung des mikroskopischen Bildes bewirkt, so dass dieses nun in seiner Lage vollkommen dem Objecte entspricht.

Fig. 134.



Die Theilung der Strahlenbündel mittelst der durch Brechung hervorgerufenen Ablenkung wurde zuerst und unabhängig von den Bestrebungen Riddell's von Wenham versucht. Derselbe verwendete hierzu eine Verbindung von einem Flintglasprisma mit zwei Kronglasprismen in der aus der Fig. 135 ersichtlichen Weise. Hierdurch wurde erreicht, dass neben der erzielten Vervielfältigung des Bildes zugleich der Achromatismus der neuen Bilder bewahrt blieb. Da mittelst dieses letzteren Verfahrens die neuen Strahlenbündel nur zu einer verhältnissmässig geringen Divergenz gebracht werden können, welche einerseits von dem brechenden Winkel der Prismen, andererseits von dem Brechungsindex der benutzten Glassorten abhängt, so eignet sich dieselbe mehr für die stereoskopischen, als für die multocularen Mikroskope.

Fig. 135.



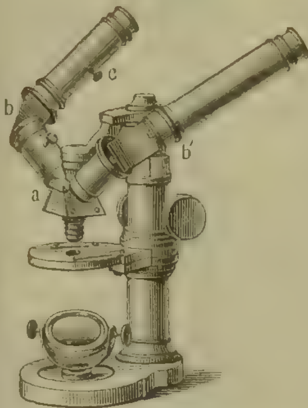
Soll das ursprüngliche Strahlenbündel in mehr als zwei, etwa in drei oder vier neue Strahlenbündel zerlegt werden, so wird eine dem entsprechende Vervielfältigung der spiegelnden oder brechenden Flächen verlangt, was sich, wie die von Nachet angefertigten tri- und quadriocularen Mikroskope beweisen, in gewissem Maasse immer ausführen lässt.

Ueber die mechanische Einrichtung der zur Beobachtung von Seiten mehrerer Personen bestimmten multocularen Mikroskope will ich mich hier um so weniger verbreiten, als sie nach dem Vorausgehenden und mittelst der beigegebenen Abbildungen derartiger Instrumente von Nachet leicht erschlossen werden kann. Es bleibt nur zu erwähnen, dass die Oculare in der Mikroskopröhre in irgend einer Weise verschiebbar

sein müssen, um für jeden der einzelnen Beobachter eine genaue Einstellung des Bildes zu ermöglichen.

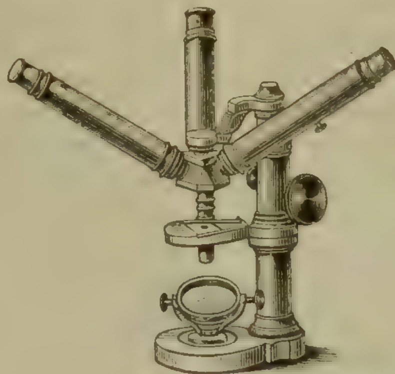
Das binoculare (Fig. 136) und ebenso das trioculare (Fig. 137) Mikroskop von Nachet werden, mit den Objectivsystemen Nro. 0, 1 und

Fig. 136.



Nachet's binoculares Mikroskop.

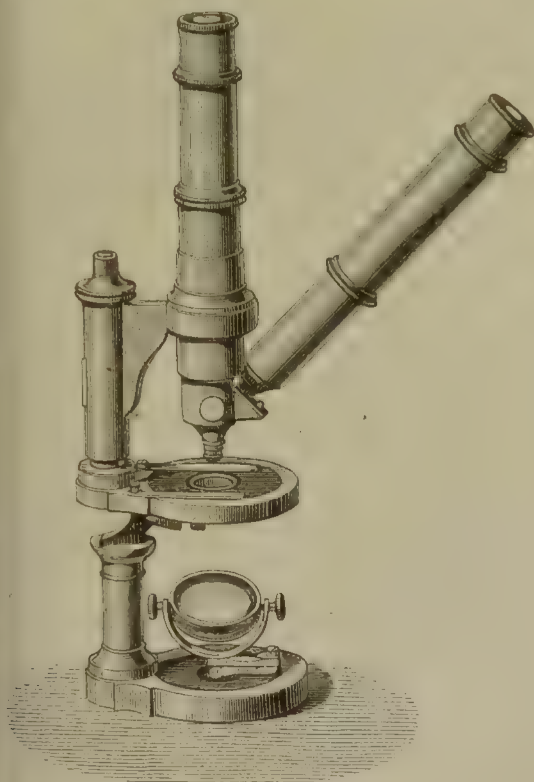
Fig. 137.



Nachet's trioculares Mikroskop.

3 ausgerüstet, zu 300 Franken (80 Thlr.) berechnet. Ausserdem liefert Nachet noch einen sogenannten binocularen Apparat, welcher an dem gewöhnlichen Mikroskope angebracht und wodurch dieses in ein binoculares umgewandelt werden kann. Die gewöhnliche Röhre muss hierbei entfernt und durch eine andere ersetzt werden (Fig. 138), mit welcher eine zweite fest verbunden werden kann, die mit ihrem unteren Ende in das Kästchen mit den Prismen eingesetzt ist. Diese Vorrichtung wird mit 80 Franken ($21^{1}/_{3}$ Thlr.) berechnet.

Fig. 138.



Binocularer Apparat von Nachet.

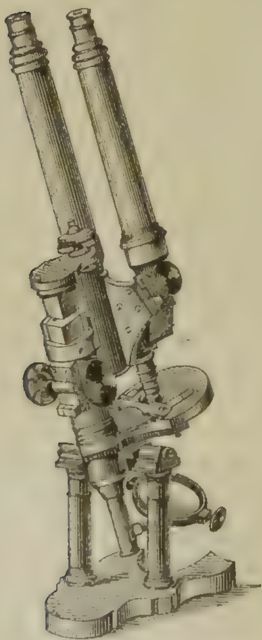
Die multocularen Mikroskope stehen den gewöhnlichen Mikroskopen in Bezug auf ihre Leistungsfähigkeit natürlich bedeutend nach. Erstlich geht, wie leicht einzusehen, durch die Vervielfältigung der brechenden Mittel, sowie

durch die Theilung der das Luftbild construirenden Strahlenbündel eine grosse Menge von Licht verloren, so dass nur verhältnissmässig schwache Objectivsysteme zur Beobachtung verwendet werden können. Dann aber leidet, wie ich mich durch eigene Beobachtung zu überzeugen Gelegenheit gehabt habe, das Bild bedeutend an Schärfe und Reinheit.

Als Demonstrationsinstrument ist übrigens der Werth dieser Art von Mikroskopen vielfach überschätzt worden. Für den Unterricht in der Histiologie, und dieser wird bei den mikroskopischen Demonstrationen immer den verhältnissmässig grössten Umfang einnehmen, sind dieselben ziemlich werthlos. Nur für die Erzielung von Uebersichtsansichten ganzer Gewebmassen und für manche morphologische Entwickelungszustände mögen dieselben von einigem Werthe sein.

Das stereoskopische Mikroskop habe ich in der von Nachet gefertigten Form bei Herrn Professor Pflüger in Bonn kennen zu lernen Gelegenheit gehabt. Ich könnte aber nicht sagen, dass dessen Wirkung mir von besonderem Werthe erschienen. Auch Herr Prof. Pflüger selbst hatte sich zur Zeit von den gerühmten Wirkungen noch nicht überzeugen können. Von anderer Seite scheint man dagegen für die Entwickelungsgeschichte des thierischen Embryo u. s. w. einigen Werth auf die Erzeugung körperlicher Bilder zu legen. Auch für die Entwickelungsgeschichte in der Morphologie der Gewächse dürfte das Instrument vielleicht nicht ohne Bedeutung sein. Weitere Erfahrungen werden uns erst die richtigen Grundlagen zur genügenden Beurtheilung des mehr oder minder hohen Werthes des stereoskopischen Mikroskopes zu gewähren im Stande sein.

Fig. 139.



Nachet's stereoskopisches Mikroskop.

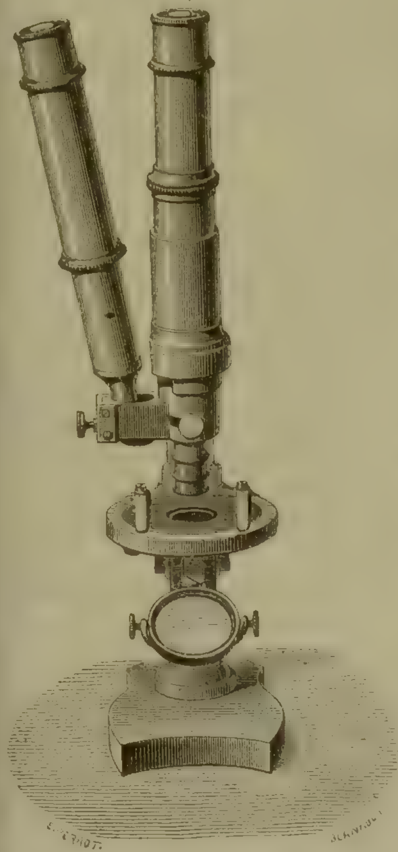
Von Nachet wird das stereoskopische Mikroskop (Fig. 139), welches, wie das binoculare, nur schwächere Objectivsysteme verträgt, mit den Systemen Nro. 0, 1 und 3 u. s. w. ausgerüstet, um den Preis von 400 Frcs. (106 bis 107 Thlr.) geliefert. Andere unserer continentalen Optiker fertigen dasselbe, soweit meine Erfahrungen reichen, nicht.

Nachet liefert auch eine Einrichtung zur Umwandlung des gewöhnlichen Mikroskopes in ein stereoskopisches. Dieselbe ist der oben (S. 197) beschriebenen ähnlich (Fig. 140) und wird mit 150 Frcs. (40 Thlr.) berechnet.

Bildmikroskop. — Das Bildmikroskop (Sonnen- und Hydrooxygengasmikroskop) ist hier und da zur Demonstration empfohlen worden. Indessen hat sich herausgestellt, dass die Erwartungen, welche man in dieser Beziehung von dem Instrumente hegte, dessen Anwendung ausserdem eine beschränkte

Sonnenmikroskop), oder mit mancherlei zeitraubenden und nicht gerade angenehmen Vorbereitungen (Gasmikroskop) verbunden ist, keineswegs erfüllt wurden. Dasselbe mag sich für manche Objecte, kleine Thierchen u. a., ganz gut zur Demonstration eignen, so lange dieselben keiner irgend erheblichen Vergrösserung bedürfen, um genau in ihren Einzelheiten erkannt zu werden. Sobald es aber gilt, feinere Verhältnisse solcher Organismen zur Anschauung zu bringen, hat die Sache ihr Ende erreicht und ist auch die colossalste Vergrösserung nicht mehr im Stande, die mangelnde Schärfe und Klarheit des Bildes nur einigermaassen zu ersetzen. Für Demonstrationen in der Gewebelehre der Pflanzen und Thiere ist das Sonnenmikroskop und noch mehr das Gasmikroskop fast vollkommen unbrauchbar, und selbst gröbere Injectionspräparate verlieren die nothwendige Schärfe. Wo es daher die Anzahl der Zuhörer nicht gestattet, in öffentlichen Vorträgen das Vorgetragene an dem zusammengesetzten Mikroskope sofort zu zeigen, was ausserdem die grosse Unannehmlichkeit fortwährender Unterbrechung hat, da helfe man sich durch entsprechend vergrösserte, getreue Abbildungen mikroskopischer Präparate für den fortlaufenden Vortrag und verlege die eigentliche, nun ausserdem dem Zuhörer besser verständliche Demonstration auf besonders angesetzte Stunden. Der Zuhörer wird dann immer weit mehr Gewinn aus dem Unterricht ziehen, als wenn man dem letzteren durch unzureichende Apparate anscheinend noch so viel Glanz verleiht.

Fig. 140.



Nachet's stereoskopischer Apparat.

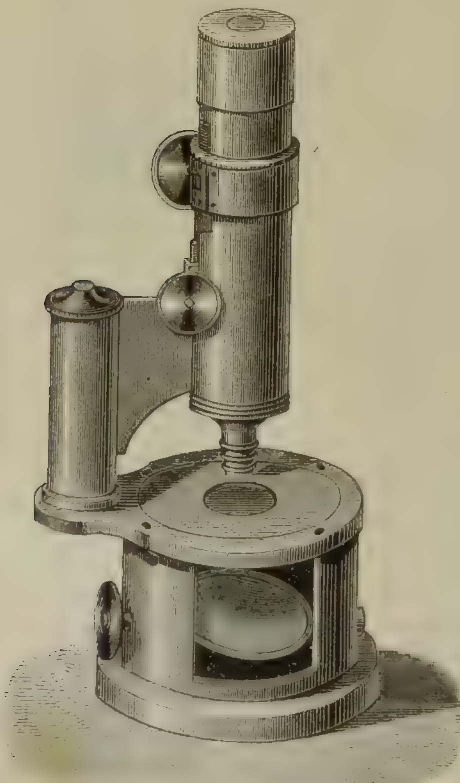
Beim Bildmikroskope wird das von dem Objectivsysteme entworfene Bild auf einem weissen oder durchsichtigen Schirme aufgefangen, der in einem dunklen Raume, z. B. in einem durch Läden verschlossenen Zimmer, in einer bedeutenden, 10 bis 20 Fuss betragenden Entfernung hinter dem ersteren aufgestellt wird. Die Beleuchtung des Gegenstandes geschieht entweder mittelst des Sonnenlichtes oder mittelst künstlichen (Drummond'schen Kalk- oder elektrischen) Lichtes. Im ersteren Falle befindet sich vor einem der schliessenden Läden ein ebener, an horizontaler Achse drehbarer und in verschiedenen Winkeln neigbarer Spiegel,

welcher die Sonnenstrahlen durch eine Oeffnung im Laden nach der Beleuchtungslinse reflectirt. Von dieser letzteren aus gelangt der Lichtkegel durch eine geschwärzte Röhre oder ein Röhrensystem auf den mittelst einer passenden Vorrichtung (Objecttisch etc.) festgehaltenen Gegenstand, von welchem das Objectiv das Bild zu entwerfen hat. Dieses letztere besteht entweder aus einer einfachen achromatischen Doppellinse oder aus einem Doublet, oder es bildet ein vollkommenes Objectivsystem, wie es bei dem zusammengesetzten Mikroskope in Anwendung ist.

Was die mechanische Einrichtung betrifft, so hat diese vorzugsweise die Regulirung des Beleuchtungsapparates zu übernehmen, dann die Einstellung des Objectes zu vermitteln und den Ausschluss alles unnöthigen Lichtes zu gestatten. Auf eine nähere Beschreibung dieser Einrichtungen glaube ich um so eher verzichten zu dürfen, als eben das Bildmikroskop für den praktischen Mikroskopiker von keiner erheblichen Bedeutung ist.

Die Vergrösserung, welche bei dem Bildmikroskope bis ins Ungeheuerliche gesteigert werden kann, hängt von den Entfernungen ab, welche einerseits der Gegenstand, andererseits der Schirm von dem Objectivsysteme haben. Man erhält dieselbe, wenn man mit ersterer in letztere dividirt; sie kann aber auch mittelst eines Glasmikrometers von bedeutender Theilung direct gemessen werden.

Fig. 141.



Hartnack's Präparirmikroskop.

Bildumkehrendes Mikroskop. — Das bildumkehrende Mikroskop dient einzig und allein den Zwecken der Herrichtung mikroskopischer Objecte und soll das einfache Mikroskop ersetzen, das bei längerem Gebrauch immer das Auge etwas anstrengt.

Unter den mir bekannten Optikern sind es vorzugsweise Plössl, Hartnack und Nachet, welche derartige Mikroskope anfertigen.

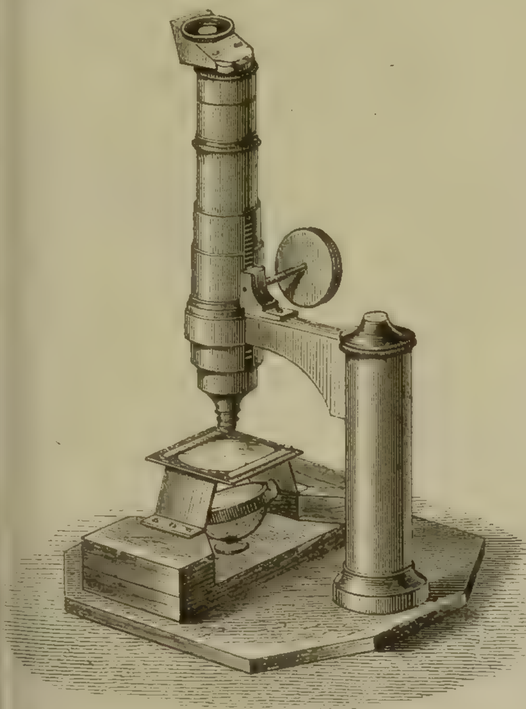
Wie wir später sehen werden, ist es leicht möglich, ein jedes zusammengesetzte Mikroskop durch Anwendung eines bildumkehrenden Oculares oder Prismas in ein Präparirmikroskop umzuwandeln, und kann ich daher hier kurz über diese Art von Instrumenten weggehen.

Das sogenannte Microscope à dissection von Hartnack (Fig. 141) hat einen trommelartigen Fuss mit drehbarem Objecttische von hinreichender Grösse. Bei diesem Instrumente

beruht die Bildumkehrung darauf, dass als Ocular ein vollständiges zusammengesetztes Mikroskop benutzt wird, welches in einem Rohre angebracht ist, das innerhalb des äusseren, das eigentliche Objectivsystem tragenden Rohres mittelst eines Triebes bewegt werden kann. Es wird auf diese Weise, ohne Wechsel von Ocular oder Objectiv, ein ziemlich weiter Spielraum in der Vergrösserung erzielt, indem der Abstand zwischen dem vorderen und hinteren Objectivsysteme geändert wird. Das in dem neuesten Preiscourante Hartnack's aufgeführte Dissectionsmikroskop gestattet eine 10- bis 100malige Vergrösserung mit hinreichendem Abstande und wird zu etwa 66 Thlr. berechnet.

Nachet, welcher schon vor langen Jahren Dissectionsmikroskope fertigte, bei denen zwei Prismen, das eine über dem Objective, das andere über dem Oculare, die Bildumkehrung bewirkten, hat in seinem neuesten Preiscourante wieder ein solches unter dem Namen Microscope de dissection pour laboratoire aufgeführt. Dieses Instrument (Fig. 142) ruht mit seiner den Körper tragenden Säule auf einem breiten, feststehenden viereckigen Fusse. Zur Präparation undurchsichtiger Objecte kann man eine beliebige Unterlage benutzen. Für durchsichtige Gegenstände ist dagegen ein sammt dem Spiegel auf einem Holzfusse ruhender, frei beweglicher, aus einer umrahmten Glastafel bestehender Objecttisch beigegeben, der für alle Manipulationen vollkommen ausreichenden Raum gewährt. Die Bildumkehrung wird durch das in einem späteren Abschnitte beschriebene, verbesserte bildumkehrende Prisma bewirkt, und es gewährt das Instrument eine 8- bis 70fache Vergrösserung, welche erforderlichen Falls ohne zu grosse Nachtheile noch auf 120- bis 130 mal gesteigert werden kann. Ich habe selbst noch nicht Gelegenheit gehabt, das Instrument zu benutzen, habe aber von sachkundigen Freunden dasselbe sehr rühmen hören.

Fig. 142.

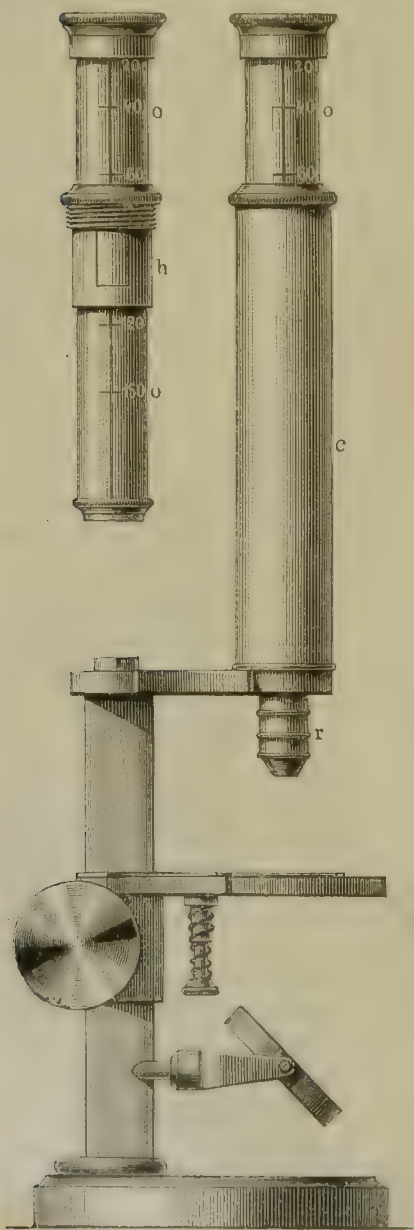


Nachet's Präparirmikroskop.

In dem Präparirmikroskope von Plössl wird die Bildumkehrung durch ein dem Oculare des terrestrischen Fernrohres nachgebildetes Ocular (Fig. 143 links *o* bis *o*) hervorgebracht. Dieses ist ausziehbar, so dass

es dem aus drei achromatischen Objectivlinsen gebildeten Objectivsysteme (r) mehr genähert oder von demselben weiter entfernt werden kann. Die Vergrösserung lässt sich durch dieses Mittel von einer 20fachen bis zu einer 150fachen *) steigern, wobei indessen das obere Glas des Oculares sehr hoch über den Arbeitstisch zu stehen kommt, was etwas Unbequemes hat.

Fig. 143.



Präparirmikroskop von Plössl.

Dies Mikroskop ist in dem Plössl'schen Preiscourante unter 5 als „Neues kleines Arbeitsmikroskop" aufgeführt und zu dem Preise von 54 Fl. österr. Währung oder 36 Thlr. notirt.

Umgekehrtes Mikroskop. — Das umgekehrte Mikroskop ist ausschliesslich für chemische Zwecke bestimmt und mag in dieser Beziehung recht gute Dienste leisten und manche Annehmlichkeit besitzen. Der Hauptvortheil, den dasselbe gewährt, bleibt der, dass es bei Anwendung von solchen Reagentien, die leicht verdunsten und deren Dämpfe schädlich auf die Objectivsysteme etc. einwirken würden, diese letzteren vor dem Verderben schützt. Wer sich viel mit derartigen, und in gewissem Maasse beschränkten, mikrochemischen Arbeiten zu beschäftigen hat, wie dies vielleicht schon für die nächste Zeit manchem Mikroskopiker in dem Gebiete der gerichtlichen Medicin in Aussicht steht, mag seinem Bedürfnisse durch die Anschaffung eines solchen Mikroskopes genügen. Für den Histiologen wird es mehr einen Luxusartikel bilden, als ein wirkliches Bedürfniss befriedigen. Erstlich wird dieser auch bei etwas gefahrvollen Reagentien durch Anwendung hinreichend grosser Deckgläschen und durch sonstige Vorsichtsmaassregeln seine Gläser u. s. w. zu schützen wissen. Dann lässt ihn das Instrument wegen der Mängel, welche durch das

*) Nach dem neuesten Preiscourante bis zu einer 240fachen.

in die Bahn der Lichtkegel eingeschobene Prisma veranlasst werden, doch bei allen sehr zarten und schwierigen Structurverhältnissen, die eine chemische Behandlung erfordern, im Stich.

Das Princip, welches beim Bau dieses Mikroskopes befolgt wird, um den von dem Objecte ausgehenden Strahlen die erforderliche Richtung zu geben, geht aus der Figur 144 hervor. Man sieht daraus, wie die Lichtstrahlen in dem Prisma *abcd* eine doppelte Zurückwerfung erleiden und dadurch in eine solche Richtung gebracht werden, dass der Kopf bei der Beobachtung eine bequeme Lage haben kann und den Händen für die verschiedenen Manipulationen auf dem Objecttische die nöthige Freiheit bewahrt bleibt.

Fig. 144.

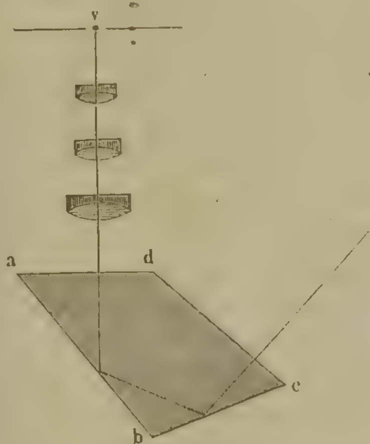
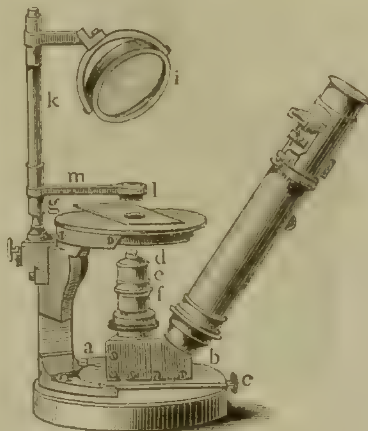


Fig. 145.



Nachet's chemisches Mikroskop.

Der Körper des Mikroskopes *b* (Fig. 145) ruht auf einem runden Fusse und kann auf einem Schlitten *a* zwischen zwei Leisten vor- und rückwärts bewegt werden. Der Objecttisch *g* ist feststehend und trägt eine zweite Platte, welche über den Tisch hinüberragt, die Objectträger aufnimmt und nöthigenfalls durch eine Spirituslampe erwärmt werden kann. Die grobe Einstellung geschieht mittelst Verschiebung einer das Objectivsystem tragenden kleinen Röhre *e*, die feine mittelst einer Schraube *f* unterhalb dieser Röhre. Zur Beleuchtung dient ein an der über dem Körper emporragenden Stange *k* beweglich befestigter Spiegel *i* und zur Modificirung der Lichtstärke eine gleichfalls verschiebbare deckelförmige Blendung *m*, *l*.

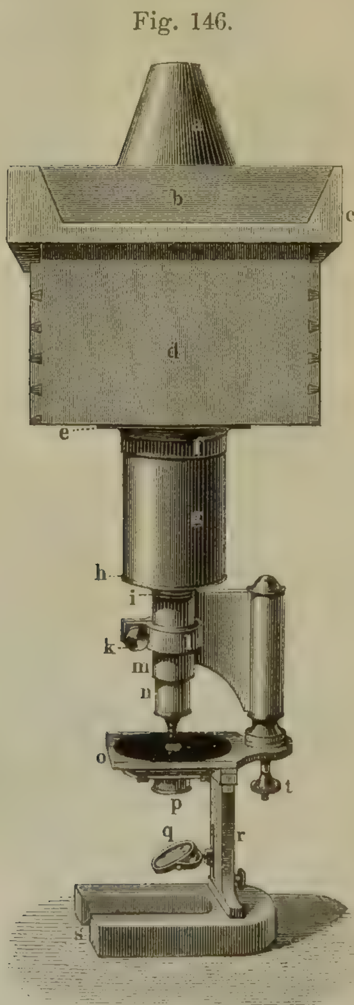
Nachet liefert dieses Mikroskop mit den Objectivsystemen Nro 0, 1, 3 und 5, mit einem Ocular, einem Ocularmikrometer, einem Goniometer und verschiedenen Nebendingen ausgerüstet um den Preis von 350 Franken ($93^1/_3$ Thlr. Court.).

Das photographische Mikroskop. — Der mikroskopischen Photographie ist in der letzten Zeit von vielen Seiten ein nicht geringer Werth beigelegt worden. Obgleich ich im Ganzen diesen Ansichten nicht

beitreten, namentlich aber der Photographie als Ersatzmittel der mikroskopischen Handzeichnung einen grossen Werth nicht einräumen kann, so zeigen doch die schönen Arbeiten von Prof. Gerlach in Erlangen, dass für einzelne Seiten der mikroskopischen Technik die Photographie nicht ohne Bedeutung bleiben wird.

In der ursprünglich von Prof. Gerlach verwendeten Gestalt bildet das photographische Mikroskop nicht einen für sich bestehenden Apparat, sondern es wird dasselbe an dem Rohre des mit hinreichend starkem Stativ versehenen Arbeitsmikroskopes angebracht. Man hat indessen von Seiten einzelner Optiker auch besonders für die photographische Aufnahme eingerichtete Instrumente gebaut. So führte schon Hartnack in seinem vorletzten Preiscourante das heliographische Mikroskop nach Bertsch auf, und es liefern Möller und Emmerich in Giessen, Belthle in Wetzlar, Franz Schmidt und Haensch in Berlin, sowie Nachet einfachere Instrumente dieser Art.

Fig. 146.



Professor Gerlach's photographischer Aufsatz an dem Hufeisenstativ von Hartnack.

Der photographische Aufsatz (Fig. 146). wie er von Prof. Gerlach angewendet wird, besteht nach der auf Seite 30 u. f. des Schriftchens „die Photographie als Hülfsmittel der mikroskopischen Forschung“ gegebenen Beschreibung aus einer hölzernen Röhre *g* und einem hölzernen viereckigen Kasten *d*, der an seinem oberen Ende eine Vorrichtung *b* besitzt, welche gestattet, die lichtempfindliche Platte ohne Zutritt von Tageslicht einzusetzen. Ersterer besitzt einen Durchmesser von 72, ein Lumen von 64 Millimeter und eine Länge von je 11 bis 26 Centimeter. An dem unteren Ende derselben befindet sich ein nach Innen gerichteter hölzerner Vorsprung, welcher in der Mitte ein rundes Loch hat, dessen Durchmesser um 3 Millimeter grösser ist, als jener der Mikroskopröhre. Dieser Vorsprung ist mit einer 1 Millimeter starken messingenen Platte *h* belegt, die eine dem hölzernen Vorsprunge entsprechende centrale Oeffnung be-

itzt. An dem Umfange dieser Oeffnung erhebt sich von der Messinglatte aus ein 1 Millimeter breiter, 8 Millimeter hoher messingener Fortatz, der nach oben sieht und an seiner inneren Seite eine Schraubenutter besitzt, welche mit dem Schraubengewinde eines an dem oberen Ende der Mikroskopröhre *n* angebrachten Metallringes *i* übereinstimmt. Letzterer, welcher eine Breite von 5 Millimeter und eine Höhe von 10 Millimeter hat, wird an dem oberen Ende des Mikroskoprohes, oder wo dieses, wie bei den Instrumenten von Hartnack u. A., inen Auszug besitzt, unterhalb dieses letzteren angelöthet. Er trägt n seiner Aussenseite das erwähnte Schraubengewinde, welches der Mikroskopröhre um 4 Millimeter näher liegt, als seine Breite beträgt, und dessen Höhe 8 Millimeter misst. Dadurch kann das Rohr des photographischen Aufsatzes an die Mikroskopröhre angeschraubt werden, und war so, dass es hinreichend fest auf dem Vorsprunge des Ringes ruht.

Das obere Ende des Holzrohres ist ebenfalls von einem Messingring umgeben, der, 20 Millimeter hoch, in seiner oberen Hälfte aussen ein Schraubengewinde besitzt, um den Kasten *d* mit dem Holzrohre in feste Verbindung zu bringen.

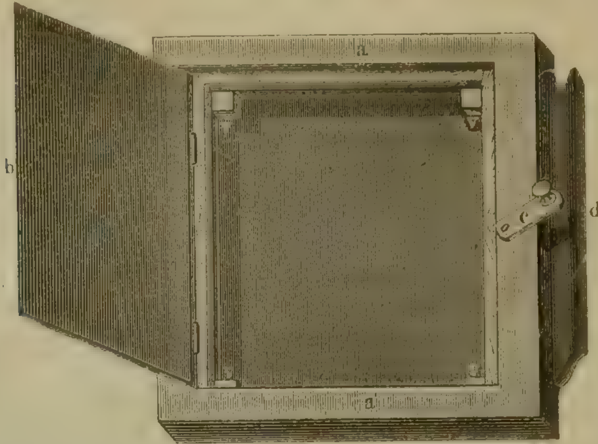
Der viereckige hölzerne Kasten besitzt eine Höhe von 140, eine Länge von 185 und eine Breite von 175 Millimeter. Die Bodenwand desselben hat eine centrale runde, 76 Millimeter im Durchmesser haltende Oeffnung. In diese ist ein an seiner inneren Seite mit einer Schraubenmutter versehener Messingring *e* eingefügt, in welchen das obere Ende des Holzrohres eingeschraubt wird. Nach Oben endigt der Kasten in einen Vorsprung *c* mit 20 Millimeter dicken Wänden, welche sich gegen das Ende hin verjüngen, so dass dadurch eine obeliskenförmige Vertiefung entsteht. In diese letztere kann dann sowohl die sogenannte Visirscheibe *b*, als auch der Holzrahmen eingesetzt werden, in welchem sich die vor Licht geschützte empfindliche Glasplatte befindet.

Die Visirscheibe besteht aus einem Holzrahmen, welcher durch zwei Charniergelenke an die eine Wand des Kastens befestigt ist, so dass er beim Einsetzen der sogenannten Cassette aufgeklappt, beim Einstellen über zugeklappt werden kann. Der Holzrahmen wird mit durchscheinendem, sogenanntem Paus- oder Pflanzenpapier überzogen, auf welchem das Bild des aufzunehmenden Objectes erscheint, dem man durch genaue Einstellung mittelst der Mikrometerschraube des Mikroskopes den möglichsten Grad von Schärfe geben muss.

Die Cassette (Fig. 147, a. f. S.) wird von einem, dem der Visirscheibe an Grösse genau gleichen Holzrahmen gebildet, und ist bei der Anfertigung derselben vor Allem darauf zu sehen, dass die präparirte Seite der lichtempfindlichen Glasplatte genau in dieselbe Ebene zu liegen kommt, in welcher sich bei der Einstellung das durchscheinende Papier der Visirscheibe befindet. Die hintere Wand der Cassette bildet ein durch Charniergelenke mit dem Holzrahmen in Verbindung stehender Deckel *b*, der zum Einbringen der Glasplatte aufgeklappt und durch

eine Klammer *c* geschlossen erhalten wird. Die vordere Wand besteht aus dem eigentlichen Schieber *d*, welcher während der Lichtexposition aufgezogen wird, sonst aber immer eingeschoben bleibt. Zwischen Deckel und Schieber befindet sich die Glasplatte, mit der präparirten Seite gegen

Fig. 147.

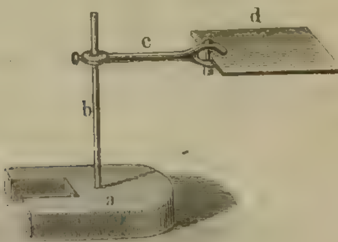


Cassette des Möller'schen photographischen Mikroskopes.

den Schieber gewendet und auf vier an den Ecken des Rahmens angebrachten Vorsprüngen *v*, *v* ruhend. Die Cassette muss so gearbeitet sein, dass die präparirte Glasplatte sowohl ausser als während der Expositionszeit vollkommen gegen von Aussen kommendes Licht geschützt ist.

Um den Lichtzutritt zu dem Apparate zu regeln, dient die auf einem eigenen Stative befindliche Klappe (Fig. 148). Auf einem soliden, schweren Fusse *a* erhebt sich ein 120 bis 150 Millimeter hoher Metallstab *b*, von dem ein mittelst einer Hülse verschiebbarer, durch eine Schraube festzustellender, 60 bis 70 Millimeter langer Stab *c* in horizontaler Richtung abgeht. An dem freien Ende dieses letzteren befindet sich eine Klemmschraube, zwischen der in horizontaler Richtung ein 60 Millimeter langes, 45 Millimeter breites, leichtes, schwarzes Brettchen *d* oder dergleichen befestigt ist, welches, nach der Einstellung und bis die präparirte Glasplatte eingesetzt ist, zwischen Spiegel und Beleuchtungslinse eingeschoben den Lichtzutritt zu dem optischen Apparate verhindert.

Fig. 148.



Klappe.

Zur Verdunklung der Visirscheibe während der Einstellung gebraucht

man zunächst ein etwa 1 Meter langes, 80 Centimeter breites schwarzes Tuch von dichtem Sammet, mit welchem der Kopf des Einstellenden und der Kasten verhängt wird. Dann aber ist noch ein auf die Visirscheibe zu setzender abgestumpfter, innen geschwärzter Hohlkegel (Fig. 146, a) nöthig, welcher alles Seitenlicht abhält und in dessen oberem Ende zweckmässig eine Sammellinse als Lupe angebracht wird, um durch die Vergrösserung des Bildes auf der Visirscheibe eine vollkommen scharfe Einstellung möglich zu machen.

Für Aufnahmen bei sehr schwachen, 2- bis 10maligen Vergrösserungen hat Prof. Gerlach noch einen eigenen Apparat construirt und empfohlen, auf dessen Beschreibung ich hier wohl verzichten darf, da derjenige, welcher die mikroskopische Photographie im Grösseren zu betreiben sich veranlasst sieht, der kleinen, vortrefflichen Schrift Gerlach's doch nicht entrathen kann.

In neuester Zeit hat Prof. Gerlach den photographischen Aufsatz, welcher durch den vermöge seiner Schwere ausgeübten Druck auf das Mikroskop die feine Einstellung bis zur äussersten Schärfe beeinträchtigt, wesentlich abgeändert und verbessert. Derselbe ist jetzt an einem eigenen Stativ befestigt, an welchem er mittelst eines Getriebes auf- und abgeschoben werden kann, und wird mittelst einer genau anschliessenden, nur den nöthigen Raum zur leichten Bewegung lassenden Hülse über den Mikroskopkörper gestülpt. Die früheren, verschieden langen Holzröhren sind dadurch ersetzt, dass an der Camera eine Zugvorrichtung angebracht ist, welche der der Ziehharmonika gleicht, so dass man bequem bei verschiedenen Vergrösserungen aufzunehmen im Stande ist.

Der Mechaniker Gebhardt in Erlangen fertigt diesen neuen Apparat um den Preis von $16^1/_2$ Thlr., Belthle in Wetzlar für 20 Thlr. und mit Beigabe von System 3 und den Ocularen I., II. und III. für 40 Thlr. an.

Von den eigens zum Zwecke photographischen Aufnahmen gebauten, sogenannten heliographischen oder photographischen Mikroskopen, welche von Franz Schmidt und Haensch in Berlin, von Nachet u. A. angefertigt werden, ist mir nur das von Möller und Emmerich in Giessen bekannt geworden, und glaube ich mich um so mehr auf die Beschreibung desselben beschränken zu dürfen, da es, soweit meine Erfahrungen reichen, seinem Zwecke vollkommen entspricht.

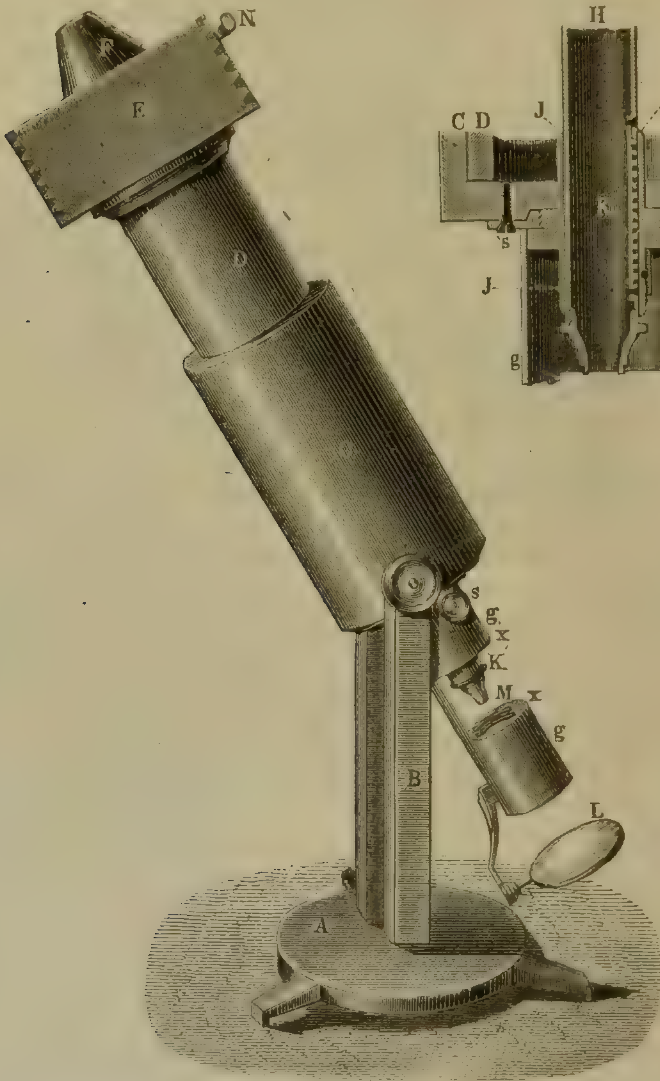
Das ganze Instrument ruht um eine horizontale Achse drehbar auf zwei dem, eine hinreichend breite Unterstützungsfläche bietenden, runden Fusse eingefügten Säulen B, B und kann somit aus der senkrechten in jede beliebig geneigte Stellung gebracht werden. Um es in solcher bei dem nicht unbedeutenden Uebergewichte des oberen Theiles feststellen zu können, dient die Schraube S.

Die engere, 60mm weite, vorn zwischen x, x offene Röhre gg nimmt den mikroskopischen Apparat auf, welcher aus dem Mikroskoprohre, dem Objecttische und den Beleuchtungsvorrichtungen besteht. Die Verbin-

dung dieser Theile mit der Röhre zeigen der Durchschnitt (Fig. 150) sowie der Aufriss (Fig. 149).

Das Mikroskoprohr *H*, welches unten die Objectivsysteme aufnimmt,

Fig. 149. Fig. 150.



kann vermittelst der Zahnstange *K* (Fig. 150), und des Triebes *s* (Fig. 149) in der, durch die Verschraubung bei *xx* mit der Röhre *G* fest verbundenen Messinghülse *J*, *J* gehoben und gesenkt werden und gewährt auf diese Weise das Mittel zur vorläufigen groben Einstellung des Objectes. Die feine Einstellung wird in der schon von H. v. Mohl empfohlenen, auch bei den kleinen Mikroskopen von Belthle angewendeten Weise durch eine den oberen Theil des Objecttisches bildende federnde Platte bewirkt, welche mittelst einer conisch zulaufenden Schraube gehoben und gesenkt wird und

genügt, soweit ich mich überzeugt habe, für 300- bis 400fache Vergrösserungen vollständig zum scharfen Zustandebringen des Bildes auf der Visirscheibe. Die Beleuchtungsvorrichtung besteht aus dem in einem Nussgelenke beweglichen, an der Röhre *g* befestigten ebenen Spiegel *L*, einer an dem unteren Ende dieser Röhre eingeschraubten planconvexen Beleuchtungslinse und der mit verschieden weiten Oeffnungen versehenen, drehbaren Diaphragmenscheibe, durch welche zugleich der Abschluss des Lichtes von dem optischen Apparate vollzogen wird. Wird eine intensivere Beleuchtung oder in verschiedenen Richtungen einfallendes, d. h. paralleles, convergirendes oder divergirendes Licht gewünscht, so kann dies leicht durch die Verbindung eines an der unteren Seite des Planspiegels angebrachten Concavspiegels mit Beleuchtungslinsen von entsprechender Brennweite erzielt werden.

Mit dem das Mikroskop tragenden Rohre *G G* ist das 130^{mm} weite Rohr *C* des photographischen Aufsatzes oder der Camera vermittelst der Schrauben *s' s'* (Fig. 150) fest verbunden, und es bilden so der mikroskopische und der photographische Theil des Apparates ein untrennbares Ganze. Die Camera selbst ist so eingerichtet, dass sie zur Erzielung verschiedener Vergrösserungen verkürzt und verlängert werden kann. Sie besteht nämlich aus dem äusseren und einem zweiten inneren, im Lichten 85^{mm} weiten Rohre *D*, welches wie bei den Mikroskopröhren der Hartnack'schen und ähnlich gebauten Stative ausgezogen und eingeschoben werden kann. Zur Aufnahme der Visirscheibe und der Cassette dient der mit dem inneren Rohre fest verbundene 190^{mm} lange und ebenso breite viereckige Kasten *E* mit gefalztem Lager. Ueber die Visirscheibe wird der mit einer Lupe versehene Conus *F* gestülpt, um eine haarscharfe Einstellung zu ermöglichen.

Die Einrichtung der Visirscheibe, Cassette u. s. w. ist ganz dieselbe wie sie S. 205 bis 206 beschrieben wurde und bedarf daher keiner weiteren Erörterung.

Das Instrument wird mit den Systemen 1 und 2 und dem Oculare I. ausgerüstet, mit 36 Thaler, ohne diesen optischen Apparat aber, wenn ich nicht irre, mit 20 Thaler berechnet.

Das Polarisationsmikroskop. — Das Polarisationsmikroskop, welches für krystallographische Untersuchungen von hoher Bedeutung ist, kann dem Histiologen weniger für die Erforschung des optischen Verhaltens der Elementarorgane als jenes ganzer Gewebe dienen und ist in dieser Beziehung in neuester Zeit von Professor Valentin in Bern mit grossem Erfolge benutzt worden.

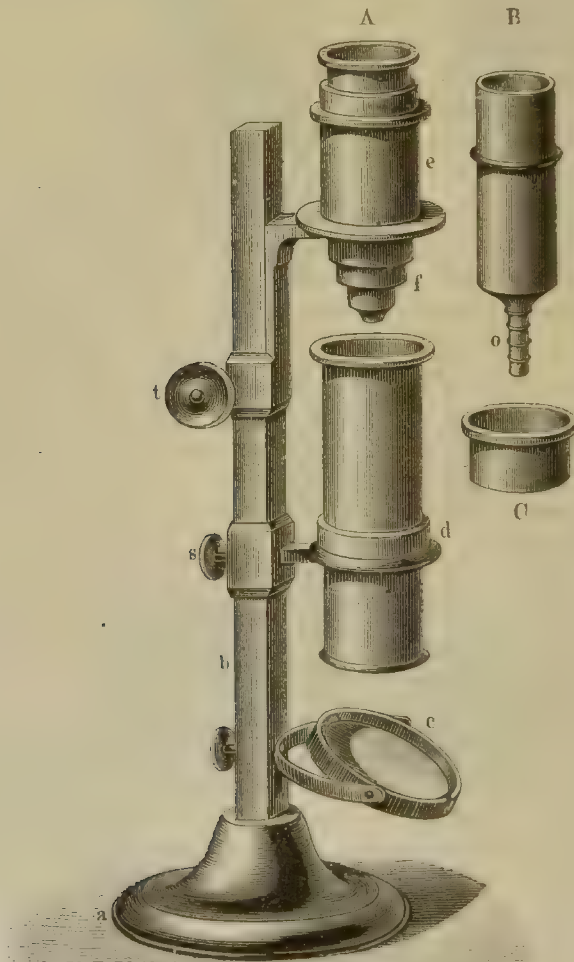
Dieses Instrument unterscheidet sich von dem gewöhnlichen Polarisationsapparate wesentlich dadurch, dass die von dem Polarisator ausgehenden Lichtstrahlen zwei Linsensätze zu durchlaufen haben, ehe sie zu dem Analysator gelangen. Von diesen Linsensätzen kommen die sogenannten Convergenzlinsen zwischen den Polarisator und das Object, die Mikroskoplinsen aber zwischen das letztere und den Analysator.

Ueber die Wirkungsweise dieser Linsensysteme kann ich mich hier nicht weiter auslassen und verweise daher denjenigen, welcher sich dafür interessirt, auf den betreffenden Aufsatz von Professor Reusch in „Amtlicher Bericht der 34. Versammlung deutscher Naturforscher und Aerzte zu Carlsruhe, Seite 160 u. f.", sowie auf das bekannte Werk von Valentin, Seite 87 u. f.

Das erste vollständige Polarisationsmikroskop wurde 1830 von Amici gebaut und ist in Harting's „Mikroskop", Seite 849 u. f. beschrieben. Unter den neueren derartigen Instrumenten nimmt das Nörrembergische Polarisationsmikroskop einen ersten Rang ein.

Ich habe ein solches Mikroskop neuester Construction (Fig. 151),

Fig. 151.



Nörrembergisches Polarisationsmikroskop.

welches aus der Werkstätte von J. Wilh. Albert in Frankfurt a. M. hervorgegangen ist, in Händen gehabt und mich von seiner Brauchbarkeit für die oben erwähnten Untersuchungen überzeugt, so dass ich es allen denen empfehlen kann, welche dessen bedürfen.

Das Stativ besteht aus einem grossen und schweren runden Fusse *a*, von dem sich die vierkantige Messingsäule *b* erhebt, welche den Beleuchtungsapparat, die Linsensätze und den polarisirenden Apparat aufnimmt.

Der Beleuchtungsapparat wird aus dem ebenen Spiegel *c* und einer Beleuchtungslinse gebildet, welche in den unteren Theil der an der Säule *b* verschiebbaren und mittelst der Schraube *s* festzustellenden Röhre *d* eingesetzt ist.

Ueber der Beleuchtungslinse steht der polarisirende Nicol und über diesem werden die in eine besondere Röhre gefassten Convergenzlinsen eingeschoben, auf deren vordere, mit ihrer ebenen Fläche nach oben gewendete der zu beobachtende Gegenstand aufgelegt wird.

In der mittelst des Triebes *t* an der Stativsäule höher und tiefer stellbaren und somit eine genaue Einstellung gestattenden Röhre *e* werden unten die Mikroskoplinsen *f* und oben über dem Oculare das über einem getheilten Kreisringe um seine Achse drehbare analysirende Nicol'sche Prisma eingesetzt.

Für die Beobachtung von kleinen Krystallen, Stärkekörnern u. dgl. ist dem Instrumente ein besonderes Rohr (Fig. 151 *B*) beigegeben, welches ein schwaches Objectivsystem *o* trägt und statt der Mikroskoplinsen in den unteren Theil der Röhre *c* eingeschoben werden kann. Für solche Fälle dient auch der Objecttisch *C*, welcher an die Stelle der Convergenzlinsen zu treten hat.

SECHSTER ABSCHNITT.

NEBENAPPARATE
UND
HILFSMITTEL ZUR MIKROSKOPISCHEN BEOBACHTUNG.

I. Optische Nebenapparate.

1. Vorrichtungen zur Bildaufrichtung.

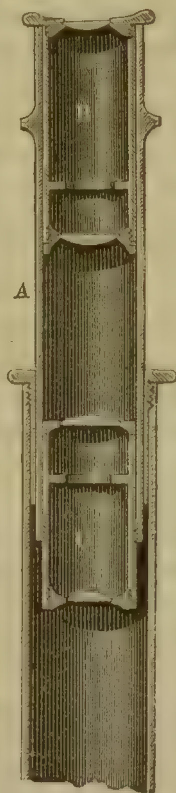
Bildumkehrendes Ocular. — Das bildumkehrende Ocular stimmt in seinem Baue ganz genau mit dem bei dem Fernrohre angewendeten terrestrischen Ocular überein. Es besteht aus den vier Linsen *A*, *B*, *C* und *D*, welche in einer gemeinsamen Röhre derart fest mit einander verbunden sind, dass die beiden unteren Linsen ihre ebenen Flächen nach unten kehren, die beiden oberen einem negativen Oculare entsprechen. Vor der Linse *A* entsteht innerhalb deren Brennweite das von dem Objectiv entworfene reelle Bild *a b* und die nach ihrem Austritt aus der Linse etwas divergirenden Strahlen der einzelnen Strahlenbündel schneiden die optische Achse, um dann nach der zweiten Linse *B* zu gelangen, welche dieselben einander wieder mehr nähert und schwach convergent macht. Erst nachdem die von dem Bilde *a b* ausgehenden Strahlen die dritte, dem Collectiv eines gewöhnlichen Huyghens'schen Oculares entsprechende Linse *C* durchlaufen haben, vereinigen sich dieselben zu dem Bilde *a′ b′*, welches zu *a b* eine umgekehrte, mit jener des wirklichen Objectes übereinstimmende Lage hat. Durch die Linse *D* endlich wird dieses aufgerichtete reelle Bild betrachtet und wie bei dem gewöhnlichen Ocular vergrössert. Was den Ort der Blendungen betrifft, so wird die erste da angebracht, wo die durch die Linse *A* gegangenen Strahlen die optische Achse schneiden, während die zweite ihren Platz dort erhält, wo das zweite Bild *a′ b′* entsteht.

Dieses bildaufrichtende Ocular, welches mit dem sogenannten Erector der Engländer übereinstimmt, lässt sich leicht bei allen Mikroskopen anbringen, welche ein ausziehbares Rohr besitzen, und zeigt die

Fig. 152.



Fig. 153.



Bildumkehrendes Ocular Hartnack's.

Fig. 154.

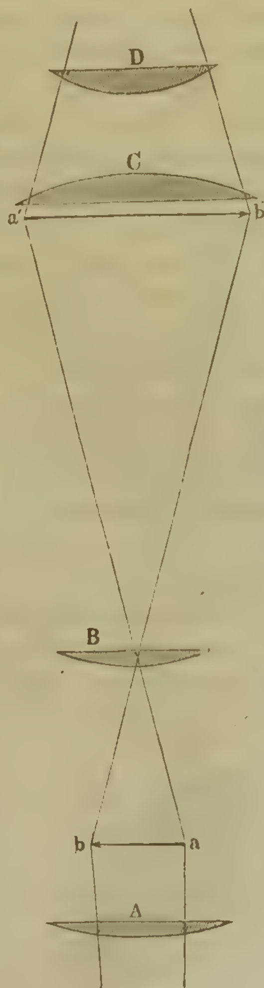


Fig. 152 die Verbindung eines solchen mit einem Hartnack'schen Mikroskope. *A* ist die verschiebbare innere Röhre, welche an ihrem unteren mit einer Schraubenmutter versehenen Ende den bildumkehrenden Apparat *C* aufnimmt, während das obere Ende ein passendes negatives Ocular *B* trägt. Den Wechsel der Vergrösserungen bei ein und derselben Objectivvergrösserung erzielt man durch Verschiebung des inneren Rohres *A*.

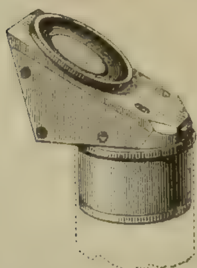
Will man ein etwas ausgedehnteres Gesichtsfeld erlangen, was bei Präparationen oft von grossem Vortheile ist, so kann man die Vorrichtung in der von Harting angegebenen Weise modificiren, indem man das bildaufrichtende Ocular in der in Fig 154 dargestellten Weise aus einem negativen Ocular *AB*, als unterem, und einem positiven *CD*, als oberem

Theile zusammensetzt. Das reelle Bild entsteht dann in umgekehrter Lage zwischen den beiden Linsen *A* und *B* in *a b* und wird durch den Einfluss der Linse *B* aufgerichtet vor der Linse *C* entworfen. Um bei dieser Einrichtung einen Wechsel in den Vergrösserungen zu erzielen, werden beide Oculare so gefasst, dass sie gegeneinander verschiebbar sind. Wird dann das obere Ocular von dem unteren weiter entfernt, so nimmt die Vergrösserung in entsprechendem Verhältnisse zu und es wird diese letztere verringert, wenn die Entfernung zwischen beiden Ocularen ein kleineres Maass erreicht.

Die Bilder, welche man mittelst dieser Vorrichtungen erzielt, entbehren zwar der vollen Schärfe, welche sie unter gewöhnlichen Umständen besitzen würden; allein dieser Umstand wirkt bei dem Zwecke, den man hier zu erreichen hat, kaum irgend störend ein. Nach meiner eigenen Erfahrung wenigstens lassen sich alle Präparationen unter einem derart eingerichteten zusammengesetzten Mikroskope recht gut vornehmen. Einen Vortheil, der nicht ohne Annehmlichkeit ist, hat dagegen diese Einrichtung vor anderen voraus. Man verliert nämlich nicht allein nicht an Focalabstand, sondern es wird eher noch etwas gewonnen, so dass man selbst mit 100- bis 120facher Vergrösserung arbeiten kann, ohne dass dabei die Länge des Rohres für die erforderlichen Manipulationen störend wirkt.

Bildumkehrendes Prisma. — Nachet's bildumkehrendes Prisma, welches nach einer Idee von Amici ausgeführt ist, bietet eines der vortrefflichsten Hilfsmittel zur Aufrichtung des Bildes dar. Mittelst eines unten an der Fassung angebrachten Ringes kann dasselbe leicht jedem Oculare übergestülpt und somit jedem Mikroskope angepasst werden. Ich habe mehrfach Gelegenheit gehabt, mich von der Brauchbarkeit dieser kleinen, von Nachet um 25 Franken zu erhaltenden Vorrichtung zu überzeugen, und kann sie allen denen empfehlen, welche ihr Compositum zum Präpariren bei aufrechtem Bilde benutzen wollen oder müssen. Das einzige, was bei der älteren Construction auszusetzen war, war der Umstand, dass das Gesichtsfeld nicht unbeträchtlich beschränkt wurde. In neuester Zeit hat Nachet das Prisma indessen fest mit einem Oculare verbunden (Fig. 155), wodurch dieser Uebelstand aufgehoben ist. An Schärfe und Deutlichkeit büssen die mikroskopischen Bilder gar nichts ein, so dass sie sich, mittelst des Prismas gesehen, ebenso darstellen, wie unter den gewöhnlichen Umständen.

Fig. 155.



Nachet's verbessertes bildumkehrendes Prisma.

Die Wirkungsweise dieser Vorrichtung wird sich aus dem beigegebenen Schema (Fig. 156 bis 158) leicht erkennen lassen. *MNOP* stellt den Durchschnitt des Prismas dar; *MN* ist die dem Oculare, *PO* die dem Auge des Beobachters zugewendete Fläche, welche beide unter einem

Winkel von 58° gegen einander geneigt sind, so dass sich die optische Achse um etwa 30° gegen die Senkrechte neigt und der Kopf eine bequemere Stellung annehmen kann. Stellt nun *ab* den Längendurchmesser

Fig. 156.

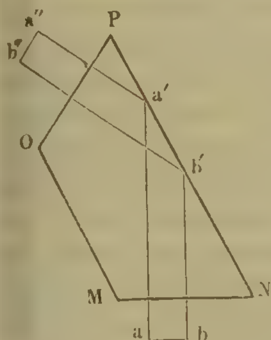


Fig. 157.

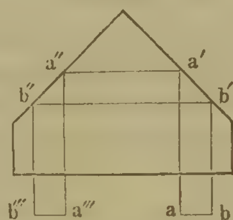
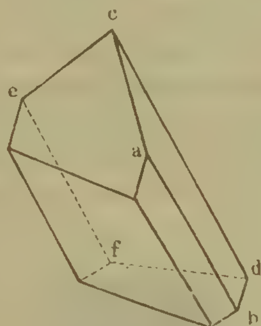


Fig. 158.



des mikroskopischen Bildes dar, so ist leicht ersichtlich, wie dieses durch einfache Spiegelung an den hinteren Flächen *abcd* und *cdef* (Fig. 158) nach dieser Richtung hin in eine umgekehrte Lage $a''b''$ (Fig. 156) gebracht wird. Die zweite zur vollen Aufrichtung noch nothwendige Umkehrung in dem Querdurchmesser wird durch doppelte Reflexion an den beiden oben bezeichneten unter einem Winkel von $81\frac{1}{2}^0$ zusammenstossenden Flächen bewirkt, indem die von *a* und *b* ausfahrenden Strahlen die Wege a, a', a'', a''', und b, b', b'', b''' in Fig. 157 beschreiben.

2. Beleuchtungsapparate.

Was zunächst die Hilfsmittel zur Beleuchtung durchsichtiger Gegenstände betrifft, so wird man, wie ich oben schon erwähnt habe, bei der Vollkommenheit, in welcher gegenwärtig die optischen Hauptheile und namentlich die Objectivsysteme des Mikroskopes hergestellt werden, nur in einzelnen Fällen und bei besonderen Veranstaltungen (photographischen Aufnahmen u. dgl.) einer vollkommeneren Beleuchtung bedürfen, als sie der allseitig bewegliche, doppelte Spiegel gewährt. Und selbst dann bedarf es, wie ich mich aus eigener Anschauung und Erfahrung hinlänglich überzeugt habe, keineswegs so kostbarer und zusammengesetzter Apparate, wie sie namentlich von den englischen Mikrographen so warm empfohlen werden. Wir reichen unter allen Verhältnissen mit weit weniger kostspieligen und einfacheren Apparaten aus, und man wird es mir daher auch gern gestatten, dass ich nicht weiter auf jene complicirten Vorrichtungen eingehe und mich auf die Beschreibung der letzteren beschränke.

Wollaston's Beleuchtungslinse. — Der einfachste Lichtverstärkungsapparat besteht in der schon von Wollaston an seinem einfachen Mikroskope angebrachten, am besten achromatischen, planconvexen Beleuchtungslinse (Fig. 159 und 160, a. f. S.).

Der Durchmesser einer derartigen Linse braucht 10 bis 15 Millimeter kaum zu übersteigen und die Brennweite kann dann etwa in denselben Grenzen schwanken. An allen Mikroskopen, welche mit Cylinderblendungen versehen sind, kann diese Linse *b* leicht und ohne bedeutende Kosten angebracht und mit den entsprechenden Blendungen verbunden werden. Man lässt dieselbe in einen der federnden Hülse des Schlittens genau eingeschliffenen Messingcylinder *a* so einsetzen, dass sie mittelst einer Verschraubung nach Belieben entfernt werden kann, und erreicht auf diese Weise eine hinreichend umfängliche Beweglichkeit in senkrechter Richtung und genau in der optischen Achse. Die Blendungen zur Abhaltung der Randstrahlen sowohl als der Mittelstrahlen, welche immer am besten über der Linse (Fig. 160) angebracht werden, sind schlüsselförmig und haben einen geraden Rand, welcher über den oben etwas eingeschnittenen Rand der Fassung greift, so dass sie bei möglichst genauer Centrirung leicht gewechselt werden können. Als Blendungen erster Art genügte dieselbe Anzahl mit den gleichen Oeffnungen, wie sie oben bei den Hartnack'schen Cylinderblenden beschrieben sind. Zur Abhaltung der Mittelstrahlen reichen gleichfalls drei Blendungen vollständig aus, von denen die kleinste einen Durchmesser von 1,5 bis 2, die mittlere von etwa 3, die grösste von 5 bis 6 Millimeter besitzt.

Fig. 159.

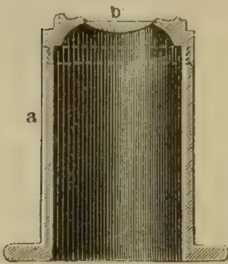
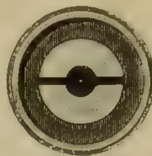


Fig. 160.



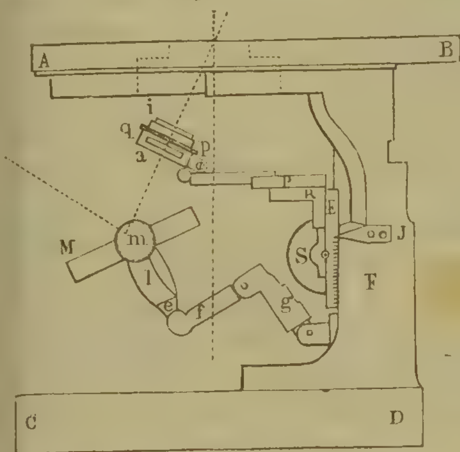
Dujardin's Beleuchtungsapparat. — Der Dujardin'sche Beleuchtungsapparat, welcher von Hartnack für $13^1/_3$ Thlr. geliefert wird, ist von der oben beschriebenen Einrichtnng nicht wesentlich verschieden, indem bei demselben nur die planconvexe Linse durch ein achromatisches Objectivsystem ersetzt ist. Dagegen fehlt ihm, in der Gestalt, wie er mir bekannt ist, die vollkommene Blendungsvorrichtung, indem nur eine die Randstrahlen abhaltende Blendung unterhalb des Objectivsystems angebracht ist, während eine zweite Blendung vor dem das Licht reflectirenden Planspiegel oder dem von Dujardin empfohlenen Prisma aufgestellt wird.

Harting's Beleuchtungsapparat. — Wer weitere Ansprüche an seinen Beleuchtungsapparat macht, als der beschriebene zu erfüllen im Stande ist, wer namentlich auch schiefes Licht von verschiedenen Concentrationsgraden anzuwenden wünscht, der wird dieselben durch die von Harting (Mikroskop S. 842 u. f.) empfohlene Vorrichtung (Fig. 161 und 163) befriedigt finden. Dieser Apparat kann leicht an allen Stativen angebracht werden, welche dem Hufeisenstative von Hartnack nachgebildet sind oder wie die grossen Belthle'schen Mikroskope

einen selbständigen Spiegelträger besitzen und bei denen zwischen dem Objecttische und dem Fusse hinreichender Raum vorhanden ist.

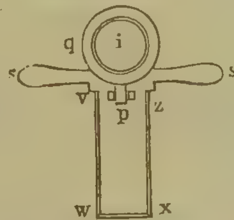
Die Beleuchtungslinse (*i*, Fig. 161 und 162) oder statt deren ein passendes Linsensystem wird von einem Ringe (*q*, Fig. 161 und 162;

Fig. 161.



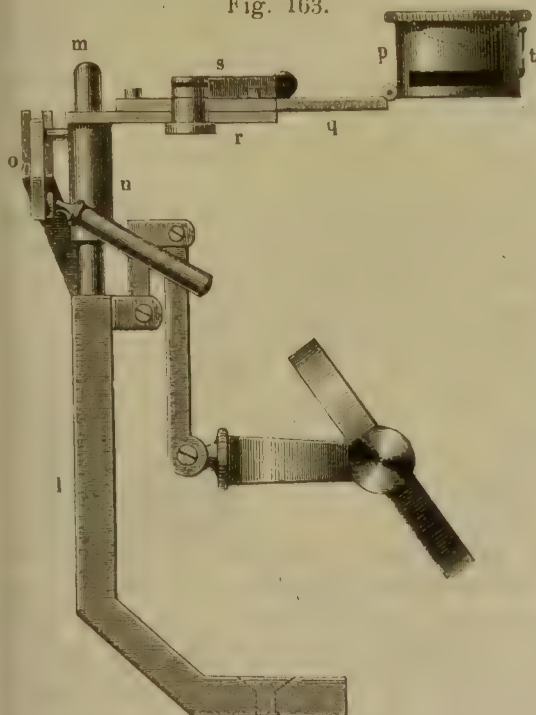
Harting's Beleuchtungsapparat.

Fig. 162.



p, Fig. 163) aufgenommen, der an einem Charnier beweglich aus der horizontalen Lage in eine beliebige schiefe Lage gebracht werden kann. Der mit dem Ring verbundene Schieber (*vwxz*, Fig. 162, *q*, Fig. 163) hat schief abgegeschnittene Ränder und lässt sich auf der Platte *r* entweder mittelst der beiden Arme *ss* (Fig. 162) oder mittelst des horizontal beweglichen Hebels *s* (Fig. 163) vor- und rückwärts schieben, also in die optische Achse oder ausserhalb derselben bringen. Mittelst dieser Einrichtung lässt sich sonach centrische sowohl als schiefe Beleuchtung (Fig. 161) erzielen. In der unteren Hälfte des Ringes befindet sich ein rechteckiger Ausschnitt, welcher zum Einschieben der Blendungsvorrichtung bestimmt ist. Diese (Fig. 164) besteht aus einer rechteckigen Platte, welche die vier Blendungen zur Abhaltung der Randstrahlen von 1,5; 2,5; 3,5 und 4,5 Millimeter Durch-

Fig. 163.



Harting's Beleuchtungsapparat von Belthle.

Fig. 164.



messer und einen rechteckigen Rahmen enthält. Letzterem ist eine Glastafel eingekittet mit drei zur Abhaltung der Mittelstrahlen bestimmten Blendungen, die von eben so vielen geschwärzten Stanniolscheibchen von 1,5, 3 und 4,5 Millimeter Durchmesser gebildet werden. Um die beiderlei Blendungen genau in die optische Achse bringen zu können, besitzt die Diaphragmenplatte entweder an der Vorderseite in entsprechenden Entfernungen befindliche Vertiefungen, in welche der an der Feder (Fig. 163) befestigte Stift einspringt, oder sind der Oberseite mit Nummern bezeichnete Striche eingravirt, welche mit dem Rande des Objecttisches zusammentreffen, wenn sich die entsprechende Blendung in der Achse befindet.

Zur senkrechten Bewegung der Beleuchtungslinse, wodurch sie dem Spiegel genähert oder von demselben entfernt werden kann, dient eine Trieb- (Harting, Fig. 160 *S*) oder eine Hebelvorrichtung (Belthle, Fig. 163 *o*), vermittelst welcher der, entweder zwischen dem bekannten Einschnitte des Hufeisenstatives oder auf den beiden, dem Spiegelträger *l* eingesetzten Säulen *m* gleitende Plattenträger *n*, *r* gehoben und gesenkt wird.

Eine zur Seite angebrachte Skala nebst Zeiger kann dazu dienen, um den für eine bestimmte Lichtconcentration oder einen bestimmten Lichteinfall zweckmässigen relativen Stand der Linse anzuzeigen, was namentlich dann wünschenswerth erscheint, wenn man bei Sonnenbeleuchtung arbeitet und parallele, divergirende oder convergirende Lichtstrahlen benutzen will, wie es bei photographischen Aufnahmen vorkommt.

Die Spiegeleinrichtung muss bei der Anwendung dieses Beleuchtungsapparates etwas verändert werden, indem der Spiegel nicht seitlich ausserhalb der Achse gebracht werden darf, sondern nach vorn verschoben werden muss, was leicht mittelst der aus den Figuren ersichtlichen Gliederungen zu bewerkstelligen ist. Man könnte indessen eben so gut auch die Platte *r* (Fig. 163) so anbringen, dass die Beleuchtungslinse seitlich verschiebbar würde.

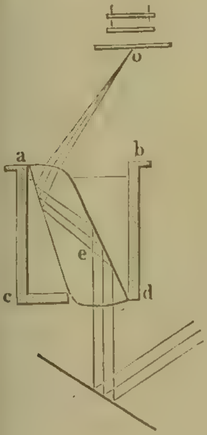
Von Herrn Belthle, der meinen Beleuchtungsapparat angefertigt hat, wird derselbe um 20 Thaler geliefert.

Nachet's Prisma für schiefe Beleuchtung. — Obwohl diese Vorrichtung (Fig. 165) für alle solche Instrumente, welche einen seitlich verstellbaren Spiegel besitzen, vollständig überflüssig ist, muss ich ihrer hier doch im Interesse derjenigen gedenken, deren Stativen diese Bewegung des Spiegels abgeht oder an denen sie in Folge ihres ganzen Baues nicht noch nachträglich angebracht werden kann.

Die Neigung des von dem Spiegel reflectirten Strahlenbündels wird bei diesem äusserst sinnreichen Apparate durch eine zweimalige Zurückwerfung, verbunden mit einer an der Vorderfläche stattfindenden Brechung, erreicht und beträgt zwischen 30 bis 40°. Indem nämlich die von

[d]em ebenen Spiegel kommenden Strahlen durch die untere Fläche des [P]rismas *e* hindurchgehen, werden sie zuerst von der rechtsgelegenen Fläche aus nach der linken und dann von dieser aus nach der oberen Fläche reflectirt. An dieser letzteren, welche etwas gewölbt ist, erleiden die Strahlen noch eine Brechung und werden dann in einer den Winkeln des Prismas und der Wölbung der Vorderfläche entsprechenden mehr oder minder schiefen Richtung gegen das Object geworfen.

Fig. 165.

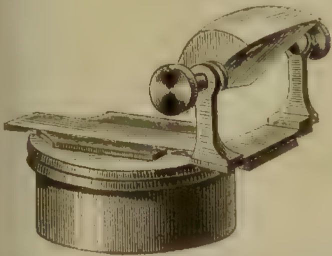


Die Fassung *abcd* des Prismas ist derart, dass sie statt des Blendungsträgers in den Schlitten des Blendungsapparates der grösseren Stative gebracht werden kann. Der kleine Apparat wird von Nachet um 15 Frcs., von Zeiss in Jena um etwa denselben Preis geliefert.

So zweckmässig die beschriebene Vorrichtung auch für alle jene Instrumente erscheint, bei denen der aus der Achse verschiebbare Spiegel, [o]der auch der drehbare Objecttisch fehlt, so wenig ist sie geeignet, diese [g]änzlich zu ersetzen. Erstlich ist man nämlich, wie aus dem Obigen er[h]ellt, in dem Grade des schiefen Lichteinfalles sehr beschränkt und dann [i]st die Beleuchtung selbst weit weniger intensiv, als man es wünschen [m]uss.

Amici's Prisma. — Ein weit vollkommeneres Hilfsmittel der Be[l]euchtung gewährt in diesen Beziehungen die in der Ueberschrift ge[n]annte Vorrichtung (Fig. 166). Sie kann indessen auch nur da angebracht werden, wo hinlänglicher Raum vorhanden ist, um dieselbe, da sie von einem besonderen Gestell getragen wird, in der geeigneten Weise aufstellen zu können. Amici hat in seinem Prisma, welches er in der letzten Zeit bei seinen Mikroskopen an Stelle des Spiegels verwendete, so dass dieser ganz wegfiel, in höchst zweckentsprechender Weise die spiegelnde Eigen[s]chaft gerader und das Licht concentrirende Vermögen gekrümmter Oberflächen benutzt, um eine möglichst vollkommene Beleuchtung zu erzielen. Hat man sich durch Versuche erst einmal genau mit dem Gebrauch des Prismas, dessen Construction aus der nebenstehenden Figur ersichtlich wird, vertraut gemacht, so kann man mittelst desselben die verschiedensten Effecte der Beleuchtung erzielen, indem es sich heben und senken, mehr oder weniger weit aus der optischen Achse bringen, und nach allen Seiten bewegen lässt. Nachet liefert dasselbe um den Preis von 25 Frcs. oder 7 Thaler.

Fig. 166.



3. Der Polarisationsapparat.

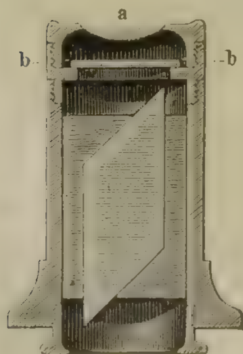
Die Bedeutung des polarisirten Lichtes, auf das wir in einem späteren Abschnitte ausführlicher zurückkommen werden, für die Untersuchung organischer Gewebe ist erst in der neueren Zeit gehörig gewürdigt worden. Es rühren daher die Versuche zur Herstellung polarisirender Apparate, welche in Verbindung mit dem Mikroskope gebraucht werden sollen und können, erst aus den letzten Jahrzehnten her.

Die Grundbedingung der Einrichtung mikroskopischer Polarisationsvorrichtungen beruht darauf, dass die vom Spiegel zurückgeworfenen Lichtstrahlen polarisirt werden, ehe sie auf den zu beobachtenden Gegenstand treffen, und dass sie dann durch ein weiteres Polarisationsmittel hindurchgehen müssen, ehe sie von dem Auge des Beobachters aufgenommen werden. Man bedarf also bei unserem in Rede stehenden Apparate zunächst eines Polarisators, der zwischen dem Spiegel und dem Gegenstande seine Stellung erhält, und dann eines Analysators, der zwischen den letzteren und das Auge zu stehen kommt.

Obwohl es verschiedene Polarisationsmittel gibt (Spiegel, Glasplattensätze u. dergl.), so hat man sich doch bei dem Polarisationsapparate für das Mikroskop allgemein für die Anwendung des Nicol'schen Prismas entschieden, da eben nach allen Erfahrungen nur mittelst seines Gebrauches die möglichst vollkommene Wirkung erreicht werden kann. Man bedarf sonach für jeden Polarisationsapparat zweier solcher Prismen, von denen das eine als Polarisator, das andere als Analysator dient.

Der Polarisator (Fig. 167) nimmt seinen, ein- für allemal bestimmten Platz zwischen Lichtquelle und Object an der unteren Seite des Objecttisches ein, und kann, wo dieser vorhanden ist, in der einfachsten Weise mit dem Apparate für die Cylinderblenden verbunden werden. In Bezug auf die Stellung des Analysators innerhalb des optischen Gesammtapparates hat man dagegen verschiedene Wege eingeschlagen. Man bringt denselben nämlich entweder, nach dem Vorgange Chevaliers, unmittelbar über dem Objectivsysteme, nach Harting nahe unter oder nach Talbot über dem Ocular an.

Fig. 167.



Polarisator.

Die letztere Anordnungsweise ist insofern von einigen Mikrographen als weniger zweckmässig befunden worden, als dabei das Gesichtsfeld in nicht unbedeutendem Maasse beschränkt wird, was bei manchen Untersuchungen allerdings störend wirken kann. Dagegen bietet sie manche Vortheile. Erstlich erzielt man bei gekreuzter Stellung der beiden Prismen, welche doch wohl die am meisten gebrauchte ist, eine sehr vollständige Verdunkelung des Gesichtsfeldes und kann so noch sehr bestimmt schwächer polarisirende Körper erkennen, indem der

Contrast zwischen den leuchtenden Theilen des Gegenstandes und seiner Umgebung ein weit grösserer ist, als bei einer nur unvollkommenen Verdunkelung. Dann fällt die Umdrehung des Analysators sehr leicht und endlich kann man nach Wegnahme desselben das helle Gesichtsfeld durchsuchen, um kleine Gegenstände in die Mitte desselben zu bringen. Dem oben erwähnten Nachtheile, der überhaupt mehr bei starken Ocularvergrösserungen fühlbar wird, die ohnehin bei dieser Stellung der Prismen keine hinreichend klare Bilder für die feinsten Untersuchungen im polarisirten Lichte gewähren, entgeht man ausserdem leicht, wenn das analysirende Prisma mit einem solchen Ocular verbunden wird, bei dem, wie z. B. bei dem aplanatischen Ocular, der Abstand des Auges von der oberen Linse schon an und für sich ein grösserer ist. Dann ist man aber allerdings in dem Gebrauch der Ocularvergrösserungen beschränkt, was doch hier und da etwas stört.

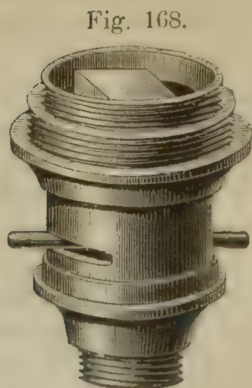
Der von Harting eingeschlagene Mittelweg, wobei der Analysator, aus einem Nicol von möglichst grossem Durchmesser bestehend, unmittelbar unter dem Ocular angebracht wird, scheint mir nicht recht zweckmässig, indem das Gesichtsfeld bei den schwächeren Ocularen an Ausdehnung nichts gewinnt und der Beobachter, wenn von dem Optiker bei dem Bau der Oculare nicht von vorn herein auf diese Anordnungsweise Rücksicht genommen worden ist, auf ein einzelnes polarisirendes Ocular beschränkt bleibt. Statt unterhalb der Collectivlinse könnte man das Nicol'sche Prisma auch zwischen Collectiv- und Ocularlinse an Stelle der Blendung anbringen, was manche Bequemlichkeit haben würde. Wenn ich nicht irre, fasst Zeiss auf Verlangen den Analysator in dieser Weise und berechnet dann den vollständigen Polarisationsapparat zu 22 Thaler, während derselbe mit dem analysirenden Nicol über dem Objectiv zu 20 Thaler angesetzt ist.

Die Stellung des Analysators über dem Objective wurde zuerst von Chevalier angewendet und wird gegenwärtig mehrseitig, namentlich auch von Hartnack befolgt. In Bezug auf die Ausdehnung des Gesichtsfeldes gewährt diese Anordnungsweise den besten Erfolg, indem dasselbe in keiner Weise beschränkt wird. Das mikroskopische Bild leidet dabei, so lange man nicht sehr starke Ocularvergrösserungen anwendet, keineswegs in solchem Umfange, dass sich ein irgend bedenklicher Nachtheil für die Beobachtung fühlbar machte, und der Lichtverlust, welchen dasselbe erfährt, kann leicht dadurch beseitigt werden, dass man mit dem polarisirenden Nicol in der (Fig. 167) dargestellten Weise eine planconvexe Beleuchtungslinse *a* verbindet, wie dies in neuerer Zeit von Hartnack u. A. geschieht. Das Einzige, was man dieser Stellung der beiden Nicols entgegenhalten kann, ist der von mehreren Seiten gerügte Umstand, dass das Gesichtsfeld bei gekreuzter Stellung nicht so vollständig verdunkelt erscheint, als es bei den beiden vorher beschriebenen Stellungen der Fall ist, indem ausser den ausserordentlichen auch eine gewisse Menge ordentlicher Strahlen nach dem Oculare gelangen. Indessen auch dieser Nachtheil ist wenigstens nach meinen eigenen und den

Erfahrungen mehrerer sachkundiger Freunde, die wir mittelst der neuen von Hartnack verbesserten Apparate machten, durchaus nicht so hoch anzuschlagen, als es von manchen Seiten geschieht. Der Unterschied in der Verdunkelung gegenüber den beiden anderen Stellungen reducirt sich auf ein Minimum und es lassen sich bei der letzterwähnten selbst noch sehr schwach polarisirende Objecte mit voller Bestimmtheit erkennen. Ausserdem lässt sich der für die besprochene Stellung eingerichtete Analysator auf die einfachste Weise auch über dem Ocular verwenden, wenn man sich ein Zwischenstück anfertigen lässt, welches um wenige Groschen zu haben ist, und man kann so je nach Belieben und Erforderniss beide Beobachtungsweisen miteinander verbinden. Sehr starke Ocularvergrösserungen verträgt diese Stellung eben so wenig, wie die erstere; man wird dieselbe indessen bei unseren vorzüglichen starken Objectiven auch nicht entbehren und selbst bei den feinsten Structuren mit schwacher oder mittlerer Ocularvergrösserung ausreichen.

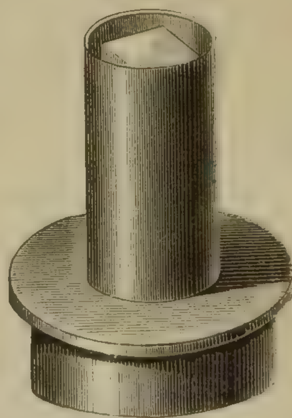
Die Fassung der Prismen muss sich nach dem Bau der Stative richten. Wo diese mit einem beweglichen Blendungsapparate versehen sind, wird der Polarisator einfach in der oben dargestellten Weise in einen Messingcylinder gefasst, welcher in die Hülse des ersteren eingeschliffen und darin in senkrechter Richtung beweglich ist. Der Analysator (Fig. 168), für die Stellung über dem Objectivsystem bestimmt, ist so eingerichtet, dass er mittelst eines Gewindes in das untere Ende des Mikroskoprohres eingeschraubt werden kann, während ein zweites Gewinde die Objectivsysteme aufnimmt. Das Nicol'sche Prisma, in Kork eingelassen, steckt in einer Messingröhre, welche in der äusseren Röhre gleitet und mittelst zweier Arme, die sich in einem der letzteren eingeschnittenen Schlitz bewegen, um etwas mehr als 90⁰ gedreht werden kann, um bei parallelen und gekreuzten Polarisationsebenen beobachten zu können. Wo der Objecttisch in der Weise drehbar ist, wie bei den grossen Hartnack'schen Stativen, kann diese letztere Vorrichtung fehlen und dann die Drehung dem rotirenden Tische übertragen werden. Allein auch in diesem Falle sollte sie nicht beseitigt werden, da man die Drehung des Tisches in der Regel benützen wird, um dem Objecte die geeignete Lage zu geben, und dann die in der Stel-

Fig. 168.



Analysator über dem Objectivsystem.

Fig. 169.



Analysator über dem Ocular.

lung des Analysators erforderliche Correction mittelst derselben ausgeführt werden muss. Will man den Analysator über dem Oculare gebrauchen, so lässt man sich ein Endstück anfertigen, welches an dem für das Rohr bestimmten weiteren Gewinde eingeschraubt wird und dessen weiterer Theil über der Fassung der Ocularlinse hingleitet. Ist das Prisma nur für über das Ocular bestimmt, so gibt man der Fassung die nebenstehende Form (Fig. 169).

Für manche Fälle der Untersuchung in polarisirtem Lichte ist es wünschenswerth, den polarisirten Lichtstrahl, ehe er zu dem Gegenstande gelangt, durch ein dünnes Plättchen aus einem doppelt brechenden Mittel, z. B. aus Gyps oder Glimmer, treten zu lassen und dadurch Farbenerscheinungen hervorzurufen, welche über die Lage der Achsen, die Art der Doppelbrechung u. s. w. Aufschluss zu geben im Stande sind. Um aber hierbei die betreffenden Erscheinungen, Farbenfolge u. dgl., auf welche wir in einem späteren Abschnitte ausführlicher zurückkommen werden, möglichst vollständig und genau verfolgen zu können, ist es erforderlich, dass man diese Plättchen in der horizontalen Ebene umdrehen und ihnen eine bestimmte Lage in Bezug auf die Polarisationsebenen der Prismen geben könne. Man thut daher gut, dieselben in geeigneter Weise so zu fassen oder fassen zu lassen, dass sie lose über die Beleuchtungslinse oder noch besser bei *b* (Fig. 167) zwischen diese und den Nicol des Analysators gelegt und umgedreht werden können. Hat man dann einmal die Lage bestimmt, in welcher ein Plättchen die lebhaftesten Farben gibt, wenn die beiden Nicols gekreuzt sind, in welcher also dessen Schwingungsebene diejenigen der Prismen unter einem Winkel von 45^0 schneidet, so bezeichnet man die mit dieser Schwingungsebene zusammenfallenden Durchmesser an seinen Endpunkten durch Marken, um dem ersteren jedesmal beim Einlegen sogleich die richtige Stellung geben zu können.

In der Regel wird man mit zwei Gypsplättchen, von welchen das eine Roth erster Ordnung, das andere das sehr empfindliche Uebergangsviolett oder Hellblauviolett dritter Ordnung gibt, und einem Glimmerplättchen, welches dem Gesichtsfelde eine graublaue Färbung ertheilt, ausreichen. Für manche Fälle wird es indessen wünschenswerth, einen grösseren Spielraum in der Färbung oder Erhellung des Gesichtsfeldes zu haben. Eine Reihe von vier Gypsplättchen von Roth erster bis vierter Ordnung, sodann eben so viele Glimmerplättchen, von denen das dünnste das Gesichtsfeld nur schwach erhellt, das dickste eine merkliche Erhellung, aber noch keine bestimmte Färbung hervorruft, sollen dann aber nach den Erfahrungen von H. v. Mohl vollkommen genügen. Die Optiker Schmidt und Haensch in Berlin liefern eine solche Sammlung von 8 Plättchen um den Preis von 3 Thaler, Steeg in Hamburg zu demselben Preise.

4. Vorrichtungen zum Nachzeichnen.

Es gibt wohl kaum einen anderen der mikroskopischen Nebenapparate, welcher in so vielfachen Abänderungen angefertigt und von den Mikroskopikern benutzt wird, wie die Vorrichtungen zum Nachzeichnen. Da es bei dem Gebrauche derselben in der That fast mehr auf Gewohnheit und Uebung, als auf die Eigenthümlichkeit des Baues ankommt, so erfüllen sie alle, wenn auch in mehr oder minder hohem Grade, ihren Zweck. Indessen zeigen sich doch, was die Bequemlichkeit und Sicherheit betrifft, mit der man den Umrissen eines Objectes folgen kann, nicht unerhebliche Abweichungen bei den verschiedenen Apparaten. Ich werde daher im Verlaufe der Beschreibung der mir näher bekannt gewordenen derartigen Apparate Gelegenheit nehmen, auf einzelne, mir als besonders zweckmässig gebaut erscheinende hinzuweisen und namentlich diejenigen hervorzuheben suchen, welche sich für den im Gebrauch weniger Geübten als empfehlenswerth erweisen.

Wollaston's Camera lucida. — Eine der am frühesten bei den Mikroskopikern in Gebrauch gekommenen Zeichnungsvorrichtungen ist die genannte Camera lucida (Fig. 170 und 171). Dieselbe beruht

Fig. 170.

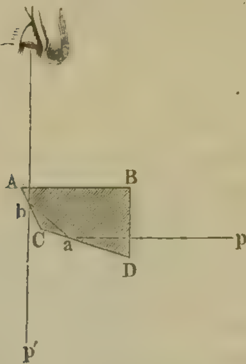
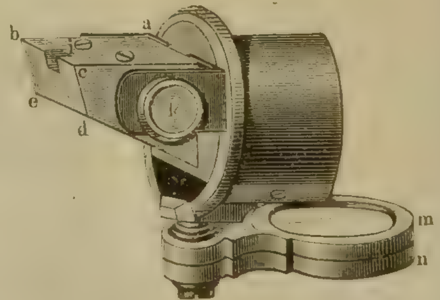


Fig. 171.



Wollaston's Camera lucida.

auf dem Principe der totalen Zurückwerfung und besteht im Wesentlichen aus einem viereckigen Prisma $ABCD$, dessen Seiten AB und BD unter einem Winkel von 90° zusammentreffen, während die beiden anderen Seiten AC und CD einen Flächenwinkel von 135° bilden. Gelangt nun ein Strahlenbündel p rechtwinklig nach der Fläche BD, so geht es ungebrochen hindurch und trifft auf die Fläche CD. Hier wird es in a dann zum zweitenmale an der Fläche AC in b vollständig zurückgeworfen und gelangt in der Richtung bp' in das über der horizontalen Fläche AB befindliche Auge, so dass es scheint, als ob der leuchtende Punkt sich in p' befände.

Kommt die Fläche BD vor das Ocular eines Mikroskopes zu stehen,

so wird das mikroskopische Bild auf einer zur Ebene des Scheinbildes, also auch zur Ebene des Objecttisches senkrechten Ebene projicirt. Da nun das Auge zugleich an der Kante bei A vorbeisieht, so erblickt der Beobachter auf einem in derselben Ebene befindlichen Blatte Papier oder dergleichen die Bleistiftspitze über dem projicirten Bilde und kann dessen Umrisse mit Leichtigkeit nachziehen.

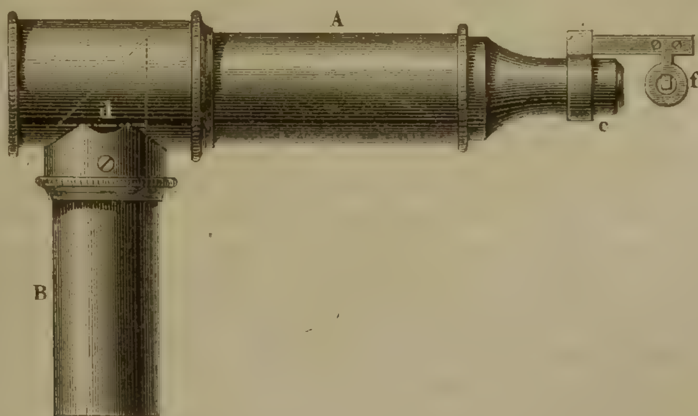
Beim Gebrauch dieses Apparates, den ich indessen nur bei Instrumenten aus englischen Werkstätten gefunden habe (Ross, Smith, Beck und Beck), ist man sonach genöthigt, das Mikroskop in eine geneigte oder horizontale Lage zu bringen, oder wo dies nicht angeht, die Camera mit einem sogenannten gebrochenen Oculare zu verbinden.

Das reflectirende Prisma wird in ein viereckiges Kästchen *abcd* (Fig. 171) gefasst und in diesem nur an der vorderen die Kante A aufnehmenden Seite eine kleine Oeffnung für das Auge gelassen. Die Stellung des Prismas selbst kann mittelst zweier Schrauben so regulirt werden, dass das ganze Gesichtsfeld vollständig beleuchtet erscheint und das projicirte Bild horizontal auf die Zeichenfläche fällt. Zur Befestigung in dem Mikroskope dient die Messinghülse hinter dem Kästchen, welche über das Ocular geschoben wird.

Um das Nachzeichnen, welches immer einige Schwierigkeit hat, zu erleichtern, sind an der Unterseite der Fassung die beiden Linsen m und n angebracht. Dieselben sind bestimmt, zu bewirken, dass die Strahlen, welche von dem mikroskopischen Bilde kommen, und jene, welche von dem Papier und dem Bleistift ausgehen, unter gleichen Winkeln divergiren und so Bild und Bleistiftspitze gleich deutlich gesehen werden.

Oberhäuser's Zeichenprisma. — Die Oberhäuser'sche Zeichenvorrichtung (Fig. 172) beruht auf demselben Principe, wie die vor-

Fig. 172.



Oberhäuser's Zeichenprisma. Das kleine Prisma f um 90° gedreht.

hergehende. Sie besteht aus einem gebrochenen Oculare, mit welchem das kleine rechtwinklige, von einem Ringe umgebene Glasprisma f derart

verbunden ist, dass dessen eine Kathete parallel zur Oberfläche der Ocularlinse, die andere aber parallel zur Zeichenfläche steht.

Das gebrochene Ocular besteht aus zwei rechtwinklig miteinander verbundenen innen geschwärzten Röhren *A* und *B*. In der Bahn der von dem Objectiv ausgehenden Strahlenbündel befindet sich das grössere rechtwinklige Prisma *d* und in dem vorderen Ende der Röhre *B* ein gewöhnliches Ocular *c*.

Die von dem mikroskopischen Bilde ausfahrenden Strahlenbündel werden gemäss dieser Einrichtung an der Hypotenusenfläche des Prismas *d* vollständig zurückgeworfen und treten dann in das Ocular so ein, dass sie ein in senkrechter Ebene projicirtes Bild erzeugen.

Durch das zweite vor dem Ocular befindliche Prisma *f* erleiden dieselben aber eine zweite totale Zurückwerfung, und das mikroskopische Bild wird auf die horizontale Ebene des Tisches projicirt. Während man nun an dem kleinen Prisma vorbeisieht, das einen geringeren Durchmesser besitzt, als die normale Oeffnung der Pupille, erblickt man zugleich mit und über dem Bilde die Spitze des Zeichenstiftes und kann mit Leichtigkeit dem Umrisse folgen. Die Nachzeichnung wird hier sehr erleichtert, wenn man einen dunkelfarbigen Zeichengrund, etwa eine schwarze Schiefertafel, wählt, indem die Pupille beim Hinblicken auf die dunkle Fläche sich erweitert, und man nun leichter die Spitze eines hellen Stiftes zugleich und gleich deutlich mit dem Bilde auf der Zeichenfläche sieht.

Diese Vorrichtung, welche Hartnack, Zeiss u. A. um den Preis von $13^1/_3$ Thlr. liefern, bildet, da sie im Ganzen einen nur geringen Lichtverlust nach sich zieht und an jeder Stelle des Gesichtsfeldes gleich gut zeichnen lässt, was bekanntlich nicht von allen Zeichenapparaten gesagt werden kann, ein recht geeignetes Hilfsmittel zum mikroskopischen Zeichnen und dürfte namentlich auch dem weniger Geübten zu empfehlen sein. Das Einzige, was sie zu wünschen übrig lässt, ist der Umstand, dass das Gesichtsfeld etwas beschränkt erscheint und dass das Ocular ein- für allemal fest mit dem Zeichenprisma verbunden ist. Man kann daher für je ein Objectivsystem nur bei einer Vergrösserung zeichnen, was hier und da insofern lästig wird, als man in manchen Fällen gern bei einer ganz bestimmten oder doch bei der Vergrösserung zeichnen möchte, unter der man eine bestimmte Thatsache beobachtet hat. Ich glaube indessen, dass sich dieser Uebelstand leicht beseitigen lässt, wenn man die Einrichtung so trifft, dass das kleine Prisma beweglich gemacht und so eingerichtet wird, dass man es auf die Hülse befestigen kann, in welche das Ocular eingeschoben wird. Hierdurch würde dann noch ein weiterer Vortheil erreicht, indem das besondere Ocular wegfallen, also der Preis des ganzen Instrumentes verringert werden könnte.

Sömmering's Spiegel. — Auf ganz ähnliche Weise wie die eben besprochene Vorrichtung wirkt der Sömmering'sche Spiegel (Fig. 173), welcher aus einem ovalen Metallspiegelchen von etwa 4 Millimeter

Länge und 2 Millimeter Breite besteht. Wird derselbe unter einem Winkel von 45⁰ vor dem gebrochenen Oculare befestigt, so erblickt man, wie bei dem Oberhäuser'schen Prisma, das Bild auf der Fläche des Arbeitstisches projicirt und sieht an dessen Rand vorbei Zeichenfläche und Stift. Um den kleinen Spiegel mit dem Rohre des gebrochenen Oculars zu verbinden, ist es mittelst der Metallstäbchen *b* und *c* an dem federnden Ringe *a* in der Art befestigt, dass es beim Gebrauche genau in die optische Achse gebracht werden kann.

Im Allgemeinen erreicht man zwar mit dem Sömmering'schen Spiegel dasselbe Ziel, wie mit dem Oberhäuser'schen Prisma, es verliert jedoch das Bild weit mehr an Lichtstärke, da bekanntlich von einer metallenen Oberfläche ein grosser Theil der auffallenden Lichtstrahlen verschluckt wird, während bei jenem der auf diese Weise herbeigeführte Verlust weit geringer ausfällt.

Fig. 173.



Sömmering's Spiegel.

Die im Vorausgehenden beschriebenen Apparate haben sämmtlich das mit einander gemein, dass man das mikroskopische Bild auf die Zeichenfläche projicirt, diese selbst dagegen sowie den Zeichenstift wirklich erblickt. Durch diese Einrichtung verliert das erstere natürlich immer, sei es mehr, sei es weniger, an Lichtstärke, was namentlich bei den stärkeren Vergrösserungen etwas störend wirkt. Anders gestaltet sich dies bei den nachfolgend beschriebenen Vorrichtungen, bei denen man das Gesichtsfeld des Mikroskopes mit dem Auge unmittelbar übersieht, also das Bild betrachtet, und über diesem dann Zeichenfläche und Stift projicirt erblickt. Hatte man bei den vorhergehenden Apparaten in der Regel die Zeichenfläche zu verdunkeln, so wird man bei den folgenden namentlich für die schwächeren Vergrösserungen das in das Mikroskop tretende Licht zu mässigen haben, um eine möglichst gleichmässige Beleuchtung des mikroskopischen Bildes und der Zeichenfläche zu erzielen.

Nachet's und Nobert's Zeichenprisma. — Eine der zweckmässigsten und bequemsten Vorrichtungen dieser Art, mittelst deren man bei senkrecht stehendem Mikroskope auf vollkommen horizontaler Fläche zeichnen kann, ist die von Nachet in höchst sinnreicher Weise ausgeführte, ursprünglich von Nobert erdachte und ausgeführte Camera lucida, welche man um den mässigen Preis von 25 Franken vom ersteren Optiker beziehen kann, und welche in neuerer Zeit auch Bénèche, sowie Franz Schmidt und Haensch in Berlin um etwa den gleichen Preis liefern. Dieselbe besteht im Wesentlichen aus zwei Prismen, Fig. 174 (a.f.S.), dem rhombischen Prisma *abcd*, an dessen vorderer, über das Ocular zu stehen kommender Fläche das zweite und kleinere, dreiseitige, rechtwinklige Prisma *cfg* derart aufgekittet ist, dass es

die eine Kathete dem Ocular zukehrt. Die aus dem letzteren tretenden Lichtstrahlen *S* treffen nun senkrecht auf diese ihm zugekehrte Kathetenfläche und gehen unter einem nur geringen Lichtverluste, den sie an der Fläche *fg* durch Reflexion erleiden, ungebrochen nach dem Auge. Die von der Zeichenfläche und dem Stifte kommenden Lichtstrahlen werden dagegen zuerst an der Fläche *bd* bei s' und dann an der Fläche *ac* bei s'' zurückgeworfen und treten in gleicher Richtung mit den aus dem Mikroskope kommenden Strahlen in das Auge s''', so dass man die Zeichenfläche und die Spitze des Stiftes über dem mikroskopischen Bilde projicirt erblickt. Die beiden Prismen sind in ein messingenes Kästchen gefasst (Fig. 175), welches entsprechend dem Prisma *efg* in der oberen und unteren Decke je eine runde Oeffnung hat, während die letztere den hinteren Theil des grösseren Prismas frei lässt. Mittelst eines Stiftes dreht sich das Kästchen in einem Fortsatze des federnden Ringes, der über das Rohr geschoben wird, so dass man es beliebig zur Seite schieben kann und das Ocular frei hat. An der vorderen Seite des Kästchens sind ausserdem kleine Schrauben angebracht, mittelst deren man den beiden Prismen, falls sich dies wünschenswerth zeigen sollte, eine etwas veränderte Stellung geben kann.

Fig. 174.

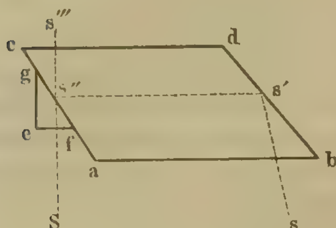
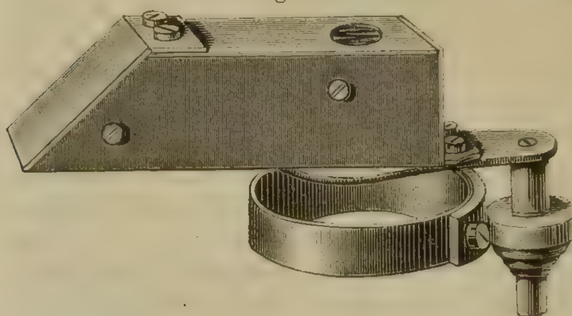


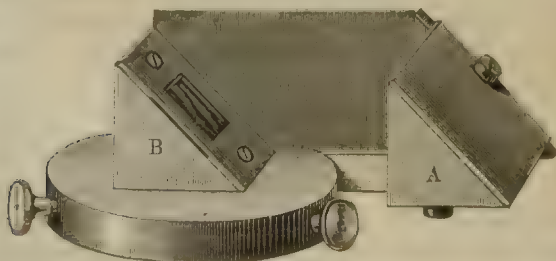
Fig. 175.



Nachet's Zeichenprisma zum Horizontalzeichnen

Ich habe diesen Zeichenapparat durch Herrn Bénèche kennen gelernt, der mir denselben zuschickte, und kann ihn nur empfehlen. Ich finde an demselben nur das zu tadeln, dass man einen verhältnissmässig kleinen Theil des Gesichtsfeldes zugleich mit dem Stifte übersieht, kann aber natürlich nicht wissen, ob dieser Fehler vielleicht bei den von Nachet selbst gefertigten Apparaten gar nicht in dem Maasse vorhanden ist, wie bei dem Exemplare, das mir zu Gebote stand.

Fig. 176.



Nobert's Zeichenapparat.

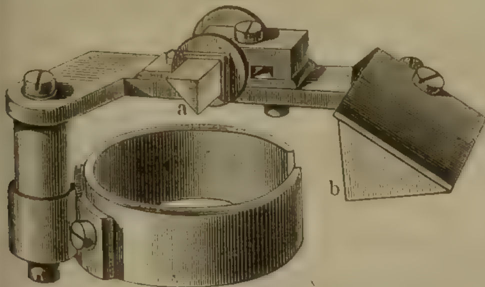
In der ursprünglichen von Nobert eingeführten Form war das grössere Pris-

ma durch das dreiseitig rechtwinklige Prisma *A* (Fig. 176) vertreten und über dem Oculare befand sich ein unter einem Winkel von 45⁰ geneigtes, wegen der doppelten Spiegelung an der hinteren Fläche entweder äusserst dünnes, oder mindestens 5 bis 6 Mm. dickes Glasplättchen *B*, durch welche Anordnung annäherungsweise das gleiche Resultat erzielt wurde, wie bei der vollkommneren Einrichtung. Alle Exemplare dieses Nobert'schen Zeichenprismas, welche von Belthle, Zeiss, Franz Schmidt und Haensch (um den Preis von 5 Thalern) geliefert wurden, litten an dem oben erwähnten Gebrechen, sowie an der Unbequemlichkeit, dass sie für stärkere Oculare wenig brauchbar waren.

Das Gerling'sche Zeichenprisma. — Belthle, Engelbert und Hensoldt in Wetzlar, sowie Möller und Emmerich in Giessen geben ihren Mikroskopen in der Regel den genannten dem folgenden ähnlichen Apparat bei. Derselbe ist aus zwei ebenen Spiegeln zusammengesetzt, welche unter Winkeln von $22^1/_2{}^0$ gegen die Horizontale geneigt sind. Bei dem Gebrauche erhält das kleine, runde Metallspiegelchen, dem der grössere vierseitige Glasspiegel gegenübersteht, seinen Platz unmittelbar über dem Ocular. Durch den letzteren werden dann die von der Spitze des Zeichenstiftes kommenden Strahlen nach dem kleineren reflectirt, und gelangen durch eine zweite Spiegelung senkrecht in das Auge, welches zugleich an dem Rande des runden Spiegelchens vorbei das Gesichtsfeld des Mikroskopes übersieht und so die Spitze des Stiftes über dem Bilde erblickt.

Diese Vorrichtung, in ihrer mechanischen Ausführung etwas schwerfällig, ist mir aus eigenen Erfahrungen bekannt und bietet, da man selbst ein so grosses Gesichtsfeld, wie es die Belthle'schen neuen orthoskopischen Oculare gewähren, fast ganz nachzeichnen kann, ein recht brauchbares Hilfsmittel zum Nachzeichnen der mikroskopischen Objecte. Die Zeichenfläche muss allerdings eine unter einem Winkel von $22^1/_2{}^0$ geneigte sein, was aber durchaus nicht soviel Unbequemlichkeit verursacht, als wenn diese Neigung, wie bei dem Nachet'schen Zeichenprisma gewöhnlicher Form 45⁰ beträgt. Am besten eignet sich für diese sowie für ähnliche Zeichenapparate als Zeichenpult ein viereckiges Kästchen mit geneigter Deckelklappe. Es bietet ein solches Pult zunächst eine gehörig feste Unterlage und dann lässt sich in dem inneren Raume auch gleich das nöthige Zeichenmaterial, Papier, Stift und dergleichen, aufbewahren.

Fig. 177.



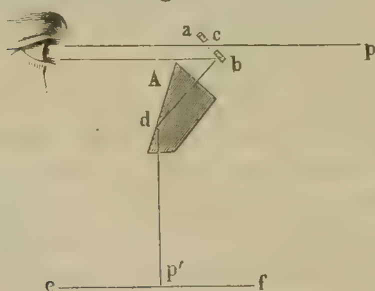
Camera lucida nach Doyère und Milne-Edwards.

Camera lucida nach Doyère und Milne-Edwards. Diese Zeichenvorrichtung (Fig. 177), welche von Hartnack in Paris schon seit Jahren geliefert

wird, hat in ihrem ganzen Baue viel Aehnlichkeit mit dem Gerling'schen Zeichenprisma, welches ihr nachgebildet zu sein scheint. Sie ist jedoch weit handlicher und bequemer gebaut, als jenes, mit dem sie die Grösse des Gesichtsfeldes theilt, und zeichnet sich vor demselben auch dadurch vortheilhaft aus, dass der Lichtverlust höchst unbedeutend ist und ihre Anwendung auch bei hohen Vergrösserungen und den stärksten Ocularen nicht behindert wird. Ich benutze das Instrumentchen seit Jahren fast ausschliesslich und kann es aus voller Ueberzeugung als einen der zweckmässigsten Zeichnungsapparate empfehlen. Die kleine Vorrichtung besteht aus zwei dreiseitigen, rechtwinkligen Prismen, von denen das kleinere, *a*, sich über dem Oculare befindet, während das grössere, *b*, die erste Spiegelung des Zeichenstiftes übernimmt. Da das über dem Ocular befindliche Prisma nur eine sehr kleine Oberfläche hat, so sieht man an demselben vorbei direct in das Mikroskop und dort das Bild des betreffenden Objectes, während durch die doppelte Spiegelung mittelst der Prismen *a* und *b* die Zeichenfläche und die Spitze des Stiftes über jenem projicirt erscheinen. — Hartnack hat diese Camera lucida mit 35 Franken verzeichnet, während Franz Schmidt und Haensch dieselbe in sehr zweckmässiger Fassung (siehe die Figur) um 8 Thaler liefern.

Amici's Zeichenprisma. — Das Zeichnungsprisma von Amici (Fig. 178) verlangt wieder das gebrochene Ocular, um auf horizontaler Fläche zeichnen zu können. Das Metallspiegelchen *a b* ist in der Mitte durchbohrt, so dass man durch dessen Oeffnung *c* in das Mikroskop sieht; vor diesem Spiegelchen, jedoch so, dass dessen oberer Rand etwas über den unteren Rand des ersteren hinüber greift, ist das rechtwinklige Prisma *A* angebracht. Die von dem Papier und Zeichenstift ausgehenden Strahlen werden nun zunächst von der Vorderfläche des Prismas reflectirt und treten nach der Oberfläche des Spiegelchens aus, von wo sie, zum zweiten Male zurückgeworfen, in horizontaler Richtung und zugleich mit den aus dem Mikroskope kommenden Strahlen in das Auge gelangen, so dass man das Papier und den Zeichenstift auf das Gesichtsfeld projicirt erblickt.

Fig. 178.



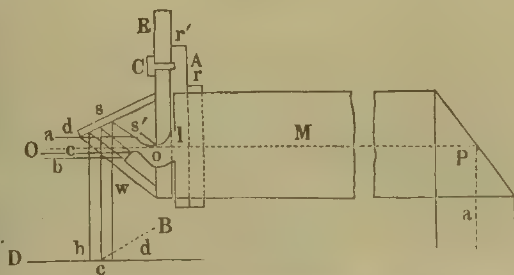
Amici's Zeichenprisma.

Aus eigener Erfahrung kenne ich diesen Apparat nicht; man ersieht aber leicht aus der obigen Darstellung, dass derselbe bei einem Mikroskope, das mit der Vorrichtung zum Horizontalsehen ausgestattet ist, seine guten Dienste zu leisten vermag.

Hagenow's Dikatopter. — Auch das Dikatopter von Hagenow (Fig. 179), ursprünglich nicht für den Gebrauch am zusammengesetzten Mikroskop bestimmt, aber von Dr. G. Meyer in Wien auch für dieses

eingerichtet, kenne ich nicht aus eigener Anschauung. Dasselbe wird aber in seinen Leistungen von K. B. Heller, dessen Schriftchen ich Beschreibung und Zeichnung entlehne (Das dioptrische Mikroskop, Seite 51 und 52) sehr gerühmt. Es besteht im Wesentlichen aus einem Glasspiegel *s*, der unter einem Winkel von 65⁰ über dem Oculare angebracht ist; diesem Spiegel gegenüber, unmittelbar vor der Ocularlinse *l*, ist ein durchbohrter kreisrunder Stahlspiegel *s'* unter einem Winkel von 17⁰ befestigt; beide Spiegel sind gegen das Eintreten des störenden Seitenlichtes durch die Wand *w* geschützt und an dem beweglichen Ringe *R* befestigt. Mittelst der Ringe 7 und 7' wird das Dikatopter an das Rohr *M* angesteckt; der Ring 7' trägt überdies das vierseitige Säulchen *A*, um daran mittelst der Schraube *C* dem Apparate die nöthige Beweglichkeit zu geben.

Fig. 179.

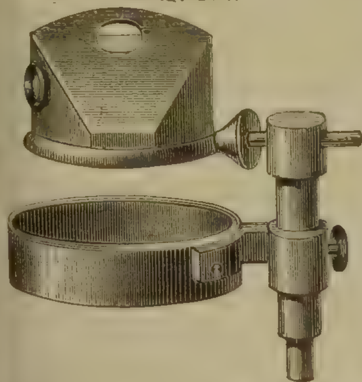


Hagenow's Dikatopter im Durchschnitt.

Das Auge *O* des Beobachters erblickt durch die kleine Oeffnung *o* direct das durch das Prisma *P* horizontal projicirte Bild, und sieht gleichzeitig das Zeichenpapier und den Zeichenstift *B* durch doppelte Reflexion der Strahlen *b*, *c*, *d* mit vollkommener Helligkeit und Deutlichkeit.

Nachet's Camera lucida. — Die sogenannte gewöhnliche Camera lucida, (Fig. 180), welche Nachet um 15 Franken liefert und welche auch von einigen deutschen Optikern, z. B. Bénèche, Zeiss und Schieck gewöhnlich ihren Instrumenten beigegeben wird, ist eines der unbequemsten Nachzeichnungsmittel, welches ich kenne. Erstlich hat man oft lange hin und her zu rücken, höher und niedriger zu stellen u. s. w., ehe man einmal eine ordentliche Projection des Gesichtsfeldes erhält, dann ist man genöthigt, bei senkrecht stehendem Mikroskop das Zeichenpapier auf einem unter einem Winkel von 45⁰ geneigten Pulte auszubreiten, was höchst ermüdend wirkt; endlich hat das auf diese Weise erhaltene Bild gegen das mikroskopische eine verkehrte Lage, was auf die Ausführung der Zeichnung wiederum höchst störend einwirkt. Dasselbe bildet allerdings einen der billigsten Zeichenapparate, allein trotzdem möchte ich empfehlen, sich hierdurch nicht leiten zu lassen, weil man sich später wenig befriedigt

Fig. 180.



Nachet's gewöhnliche Camera lucida.

finden wird. Wenigstens ist es mir so ergangen und ich habe mich bei längerem Gebrauche dieses Zeichenprismas keineswegs von seinen hier und da gerühmten Vortheilen überzeugen können und bald anderen Apparaten zugewendet.

II. Mechanische Nebenapparate.

1. Apparate zur mikroskopischen Grössenbestimmung.

Die Schraubenmikrometer.

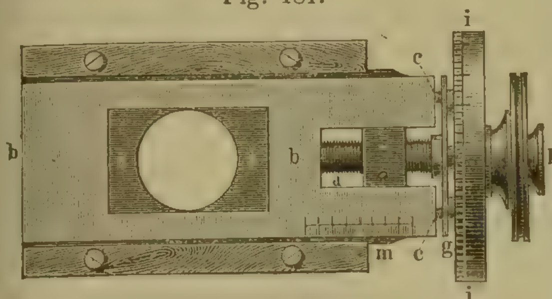
Schraubenmikrometer fertigen von den deutschen Optikern, soweit mir bekannt, nur Plössl, Schieck, Nobert und Schröder, und zwar, wie natürlich, nur um einen hohen, kaum unter 30 Thaler betragenden Preis.

Da nun ein so hoher Grad der Genauigkeit bei der Messung, wie sie das Schraubenmikrometer liefern muss, wenn es von vollendeter Arbeit ist, nur für höchst seltene Fälle wirklich nothwendig erscheint, da in der Regel die einfacheren und wohlfeileren mikroskopischen Messapparate vollkommen ausreichen, und mit der nöthigen Vorsicht verwendet einen hohen Grad von Genauigkeit zu gewähren im Stande sind, so ist die Beigabe eines Schraubenmikrometers zu einem Mikroskope für die meisten Mikroskopiker mehr eine Sache des Luxus, als der Nothwendigkeit. Wer sich indessen häufiger mit den allerfeinsten mikroskopischen Grössenbestimmungen zu befassen hat, und wer etwa die in einem späteren Abschnitte geschilderten, eine bedeutende Genauigkeit gewährenden Messungsmethoden zu unbequem finden sollte, der wird das Schraubenmikrometer nicht entbehren und sich sonach der Ausgabe für dasselbe nicht entschlagen können. Ich für meinen Theil habe den Mangel eines solchen Instrumentes noch durchaus nicht empfunden, und gar mancher Mikroskopiker wird sich mit mir in Uebereinstimmung befinden.

Objecttischschraubenmikrometer. — Das Objecttischschraubenmikrometer, Fig. 181, besteht aus zwei Platten, einer auf den Objecttisch festzuschraubenden unteren, *a a*, mit einer runden Oeffnung, und einer, den Objectträger aufnehmenden oberen, *b b*, mit einem rechteckigen Ausschnitte, welche sich zwischen den zu beiden Seiten der unteren Platte festgeschraubten schwalbenschwanzförmigen Leisten bewegt. Die Verschiebung der an ihren Rändern schief abgeschnittenen oberen Platte geschieht mittelst der aufs genaueste und sorgfältigste geschnittenen Mikrometerschraube *d*, welche in einer in das mit der unteren Platte festverbundene Querstück *c* eingeschnittenen Mutter geht. Beim Anziehen der Mikro-

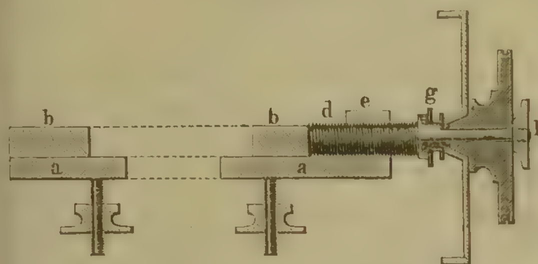
meterschraube stemmt sich nämlich das Ende derselben gegen die obere Platte und schiebt dieselbe nach vorwärts, während sie beim Losdrehen der Schraube durch die an dieser befestigte, mit Spiralfedern versehene und durch zwei Schräubchen mit jener fest verbundene viereckige Platte g zurückgezogen wird. Die Trommel i ist in 100 Theile getheilt und mittelst eines Nonius können noch 10tel Bruchtheile abgelesen werden. Dieselbe ist nicht fest mit der Mikrometerschraube verbunden, sondern kann mittelst Rückwärtsdrehen des Schraubenknopfes l, dessen Mutter an die Mikrometerschraube greift, gelöst werden, so dass man im Stande ist, ihren Nullpunkt mit demjenigen der Theilung auf der Platte m in Uebereinstimmung zu bringen, auf welcher die ganzen Umdrehungen der Schraube abgelesen werden. Zieht man die Schraubenmutter l wieder an, so dreht sich die Trommel mit der Schraube und gibt Hundertheile, und mit Beihilfe des Nonius Tausendtheile der Umdrehung an. Es ist nun leicht begreiflich, wie, wenn die Höhe eines Schraubenganges $^1/_{10}$ Mm. beträgt, mittelst der Trommel Tausendstel, und bei Anwendung des Nonius Zehntausendstel des Mm. angegeben werden können.

Fig. 181.



Schraubenmikrometer von oben.

Fig. 182.



Schraubenmikrometer im Durchschnitt.

Ueber den Gebrauch und die Prüfung des Schraubenmikrometers werden wir in einem späteren Kapitel ausführlicher zu reden haben. Hier sei nur noch bemerkt, dass, um mittelst desselben messen zu können, das Ocular mit einem über das Diaphragma ausgespannten feinen Faden versehen sein muss, der mit den Rändern des zu messenden Objectes in Berührung gebracht werden kann. Die Optiker, welche Schraubenmikrometer liefern, versehen in der Regel eines ihrer Oculare mit einem solchen feinen Faden. Man kann sich denselben indessen auch nach der von Dr. Welcker (über Aufbewahrung mikroskopischer Objecte etc. S. 31 u. f.) angegebenen Methode leicht selbst beschaffen. Zu dem Ende benetzt man die Stellen des Blendungsrandes, von welchen aus der Faden die Blendung durchziehen soll, mit einem Tröpfchen Canadabalsam, und führt dann den Knopf einer Stecknadel von diesem Punkte aus zu dem

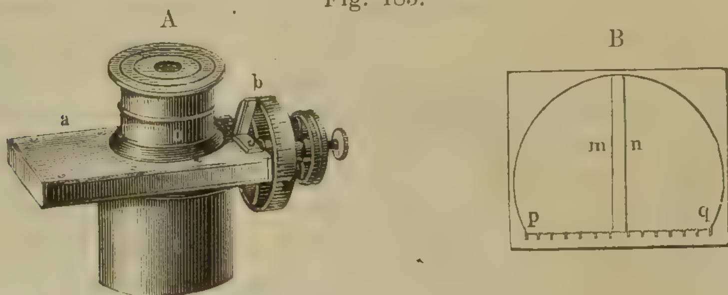
gegenüberliegenden Endpunkte des Durchmessers. Auf diese Weise erhält man einen vortrefflichen Faden, dessen Dicke man ganz in seiner Gewalt hat, und welcher an Gleichmässigkeit und Dauerhaftigkeit einem Spinnwebfaden nicht im mindesten nachsteht.

Ich habe, theils zum Zwecke von Messungen, theils um bestimmte Stellen eines Objectes oder kleine Objecte für Andere leichter auffindbar zu machen, mehrere meiner Oculare mit solchen Fäden und Fadenkreuzen versehen, und kann die Trefflichkeit der Welcker'schen Methode somit aus Erfahrung bestätigen. Die Fäden gelingen so leicht und werden so vollendet schön, dass man sich dieselben nicht vollkommener wünschen kann.

Das Schraubenmikrometer ist in neuester Zeit durch Nobert bedeutend verbessert worden, indem ihm derselbe eine solche Einrichtung gibt, dass die Drehung der Schraube nicht mittelst der Hand, sondern mittelst eines eigenen Apparates bewirkt wird, der, mit Ausnahme des zur Drehung erforderlichen, allen anderen Druck ausschliesst.

Ocularschraubenmikrometer. — Das Ocularschraubenmikrometer, Fig. 183, steht, was die Genauigkeit betrifft, wie wir später sehen werden, noch über dem Objecttischschraubenmikrometer, übertrifft dasselbe aber

Fig. 183.



Ramsden's Ocularschraubenmikrometer.

mit der dazu erforderlichen sonstigen Einrichtung, d. h. mit dem zur genauen Verschiebung des Objectes nothwendigen beweglichen Objecttisch, auch an Höhe des Preises.

Dasselbe besteht aus einem Ramsden'schen Ocular, in dessen Gesichtsfeld zwei feine Fäden ausgespannt sind, von denen der eine, *m*, feststeht, der andere, *n*, aber quer über das Gesichtsfeld beweglich ist. Beide sind in dem rechteckigen flachen Kästchen *a* eingeschlossen, und der eine Faden wird durch eine Mikrometerschraube hin und her bewegt, die, wie bei dem vorhergehenden Mikrometer, mit einer getheilten Trommel *b* versehen ist, um Bruchtheile der ganzen Umdrehungen ablesen zu können. Die ganzen Umdrehungen werden von einem Maassstabe (*pq*, Fig. 183 B.) abgelesen, der aus einem rechtwinklig auf den beiden Fäden stehenden Messingstreifen besteht, dessen Rand kleine, sägezahnartige Einschnitte

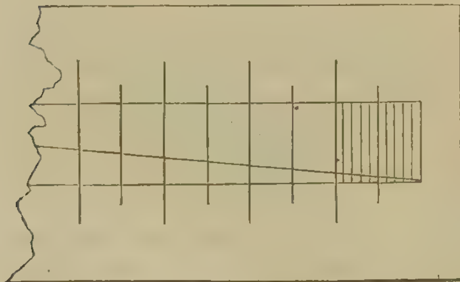
enthält. Von diesen entspricht je einer einer vollen Umdrehung und ist zur leichteren Uebersicht immer der fünfte durch seine Tiefe besonders kenntlich gemacht. Das Uebergewicht des Ocularschraubenmikrometers über das Objectschraubenmikrometer rührt vorzugsweise daher, dass man dazu dickere Schrauben mit weniger Windungen auf die gleiche Länge anwenden kann, welche sich mit weit grösserer Sicherheit und Genauigkeit herstellen lassen, als jene feinen Schrauben, wie sie für das letztere erfordert werden. Ferner sind die Fehler, welche man etwa beim Einstellen begeht, weit geringer, weil sie nur das durch das Ocular vergrösserte Bild treffen, während dieselben bei dem Objectschraubenmikrometer in ihrer vollen Grösse hervortreten. Die Mängel, welche dem Ocularschraubenmikrometer dem vorher beschriebenen gegenüber anhaften, bestehen darin, dass die Vergrösserung in den Randtheilen des benutzten Oculares von jenen in den centralen Theilen gradweise abweicht, und dass die ganze Einrichtung, wie sie an dem oberen Theile des Mikroskoprohres angebracht ist, nicht den Grad der Stabilität besitzt, wie sie für feine Messungen erforderlich ist. Ausserdem hat es mit jedem Ocularmikrometer die Unbequemlichkeit gemein, dass seine Theilung nicht einen absoluten, sondern nur einen relativen Werth besitzt, der für jedes Objectivsystem und jede Rohrlänge erst genau bestimmt werden muss. Trägt man sich indessen die gefundenen Werthe ein- für allemal in ein Täfelchen ein, so ist man bei allen späteren Messungen dieser Mühe überhoben, und es bleibt nur noch eine unbedeutende Rechnung auszuführen, um das wirkliche mikrometrische Maass zu erhalten.

In der neuesten Zeit (Max Schultze's Archiv für mikroskopische Anatomie, Hft. I, S. 79 u. f.) hat das Ocularschraubenmikrometer durch H. v. Mohl eine wesentliche Umgestaltung und Verbesserung erfahren, so dass es alle bisher bekannten Messinstrumente an Leistungsfähigkeit weit übertrifft, wenn es gilt, die Grösse ganz kleiner Objecte, die Entfernung feiner Streifen u. s. w. zu bestimmen. Die ganze Einrichtung ist indessen so zusammengesetzt, und in Folge hiervon so theuer, dass sie wohl kaum eine weite Verbreitung finden wird, zumal ihre Verwendbarkeit in ziemlich enge Grenzen eingeschlossen ist. Das von v. Mohl benutzte Ocularschraubenmikrometer besteht im Wesentlichen aus einem Fraunhofer'schen Schraubenmikrometer, dessen Schraube Umgänge von etwa $^1/_4'''$ Höhe besitzt und welches an einem besonders hierfür gebauten Stativ angebracht ist. Letzteres wird von einer $1^1/_2$ Zoll dicken, nach oben schwach verjüngten Säule gebildet, welche am oberen Ende eine horizontal abstehende, 3 Linien dicke, in der Mitte mit einer Oeffnung versehene Platte trägt. In dieser Oeffnung ist von unten her die Mikroskopröhre unbeweglich eingeschraubt und über derselben das Schraubenmikrometer angebracht. Auf letzterem befindet sich das durch dasselbe zu bewegende Ocular in eine kurze Röhre eingesteckt, welche von einem beweglichen Schieber getragen wird, der mittelst einer steilansteigenden Schraube zwischen zwei schwalbenschwanzförmigen Leisten parallel mit der Mikrometerschraube über

die bewegliche Platte des Mikrometers hingeführt werden kann. Das Ocular ist sonach in doppelter Weise über dem Mikroskop verschiebbar, einmal mittelst der beweglichen oberen Platte des Mikrometers, wodurch dasselbe zur Grössenbestimmung über das von dem Objectivsystem entworfene Bild hingeführt wird, und dann mittelst des erstgenannten, sogenannten Ocularschiebers, wodurch dasselbe mittelst geeignet an Schieber und Leisten angebrachter Marken leicht in die Achse des Mikroskopes gebracht werden kann. Objecttisch und Beleuchtungsapparat sind von dem Mikroskoprohre gesondert an einer Messingstange befestigt, welche mittelst zweier kurzen Arme an der das Rohr tragenden Säule parallel zu deren Achse festgeschraubt wird. Die Einstellung muss bei dieser Einrichtung natürlich durch Bewegung des Objectes gegen das Objectivsystem bewirkt werden und befindet sich die durch einen Trieb vermittelte grobe an der Stange, während die feine an dem Objecttische angebracht ist.

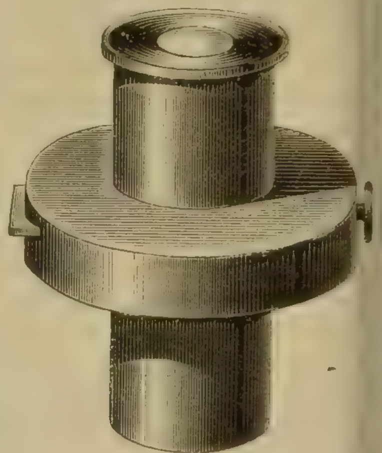
Oberhäuser's Ocularmikrometer. — Dieses Mikrometer besteht im Wesentlichen aus einem in die Blendung des Oculares eingelegten beweglichen Glasmikrometer. Die Mikrometerscala (Fig. 184) bildet ein Rechteck von 1 Mm. Breite und 10 Mm. Länge, und enthält 100 Intervalle, welche von der Diagonale des Rechteckes so durchschnit-

Fig. 184.



Scala 10mal vergrössert.

Fig. 185.



Oberhäuser's Ocularmikrometer.

ten werden, dass direct $^1/_{100}$ des Mm. angegeben sind. Da die Scala nun durch die Ocularlinse genau 10mal vergrössert wird, kann man bei einer 100maligen Vergrösserung Zehntausendtheile des Millimeters ablesen. Die Scala selbst ist in einen Messingstreifen (Fig. 185) gekittet, der mittelst einer Schraube vor- und rückwärts geschoben werden kann. Es ist somit möglich, die Theilung auf eine gewisse Strecke quer durch das Gesichtsfeld zu führen und da sich zugleich der ganze Apparat im Mikroskoprohre leicht drehen lässt, so kann man das Mikrometer bequem in die zur Messung nothwendige Stellung gegen das Object bringen, ohne dass man dieses zu berühren braucht. Damit die Theilung der Scala mit vollkommener Schärfe gesehen wird, ist die Ocularlinse zur genauen Einstellung in eine über dem

eutlichen Ocularrohre senkrecht verschiebbare geschlitzte Hülse gefasst, eren Bewegung durch einen Stift begrenzt wird. Das Mikrometer leistet für lle Fälle, wo man entweder isolirte kleine Gegenstände, oder sehr zarte, urchsichtige Objecte der Messung zu unterwerfen hat, sehr gute Dienste nd steht dem Objecttischschraubenmikrometer an Genauigkeit der Resultate aum nach. Dabei ist es um mehr als die Hälfte billiger als jenes, denn nan erhält dasselbe von E. Hartnack um 50 Franken. Der Werth der nikrometrischen Theilung muss, wie bei jedem Ocularmikrometer, so auch ier für die verschiedenen Objectivsysteme bestimmt und zu späterem ebrauche in eine Tafel eingetragen werden.

Der Nachtheil, welcher dieser wie jeder ins Ocular eingelegten Mi-rometertheilung anhaftet, besteht darin, dass man bei minder durchsichti-en Objecten, oder wo mancherlei Gegenstände durch- und übereinander iegen, nur noch schwer im Stande ist, die Theilstriche mit der gehörigen icherheit zu unterscheiden.

Trigonometrisches Mikrometer.

Dieses von Prof. Dr. H. Welcker ersonnene und empfohlene Mikro-neter (Zeitschrift für rationelle Medizin, Bd. IV, Heft 1) ist für die Messung leiner isolirter Körperchen bestimmt, und auf den trigonometrischen Satz asirt, dass die Sehne jedes Bogens gleich dem doppelten Sinus des halb so rossen Bogens sei. Es wurde durch Hodgson in der Weise abgeändert, lass man nicht den Bogen, sondern die Tangente des durchlaufenen Bo-ens direct misst, und daraus die Grösse des mikroskopischen Gegenstan-les berechnet. Diese Einrichtung bietet den Vortheil, dass man das Ob-ect mit seinem zu messenden Durchmesser leicht genau in die Tangenten-ichtung bringen kann, während es ziemlich schwer fällt, dasselbe mit der ehne in übereinstimmende Lage zu bringen, woraus immer eine Fehler-uelle erwächst.

Der Apparat (Fig. 186 I.) ist im Ganzen ziemlich einfach, und lässt ich mit Leichtigkeit an jedem Mikroskope anbringen. Auch sind die Messungen, welche man mittelst desselben auszuführen im Stande ist, ür die meisten Fälle hinreichend genau.

Das Diaphragma des Oculares wird mit zwei feinen Fäden durch-ogen, von denen der eine genau im Durchmesser des Gesichtsfeldes lie-en muss, der andere diesen excentrisch unter einem rechten Winkel chneidet. Ausserdem ist mit dem Oculare ein messingenes Stäbchen fest verbunden, dessen äussere Kante genau mit dem diametralen Faden n gerader Linie liegt, und an dem Rohre des Mikroskopes ist eine dreieckig rechtwinklige Platte angebracht, deren mit dem zweiten Faden parallele Seite eine Theilung trägt, die ihren Nullpunkt in der Verlänge-ung des ersten Fadens hat. Die Grundsätze, auf denen dieser Apparat beruht, sind leicht aus der umstehenden Zeichnung (Fig. 186 II.) er-sichtlich. Wird der Faden AB sammt dem mit ihm correspondirenden

Messingstäbchen aus der ursprünglichen Stellung, in welcher er den einen Endpunkt M des Durchmessers eines zu messenden Körpers MN berührt, in die Stellung ab gedreht, worin er den zweiten Endpunkt N jenes Körpers schneidet, so durchläuft der Zeiger den Weg EF, dessen Grösse an der Scala abgelesen werden kann. Kennt man dann die Entfernung des Punktes E von dem optischen Mittelpunkte O, die ein- für allemal fest bleibt, sodann diejenige des Kreuzungspunktes M von demselben Punkte, so verhält sich nach einem einfachen geometrischen Satze $MN : EF = OM : OE$, und es ist der Durchmesser des zu messenden Körpers $= \frac{OM.EF}{OE}$. Man hat also nur den ein- für allemal für ein bestimmtes Objectivsystem durch Messung der Strecke OM mittelst eines Mikrometers zu bestimmenden und bleibenden Quotienten $\frac{OM}{OE}$ mit dem auf der Scala abgelesenen Werthe zu multipliciren, um den wirklichen Werth des Objectes zu erhalten. So ist z. B. bei meinem Systeme 5 von Hartnack $OM = 0{,}2$ Mm. $OE = 101$ Mm. und der Quotient $EO = 0{,}002$ Mm. Wären nun auf der Scala 6 Mm. abgelesen, so würde $MN = 0{,}002 \,.\, 6 = 0{,}042$ oder $^3/_{250}$ Mm. sein.

Fig. 186. I.

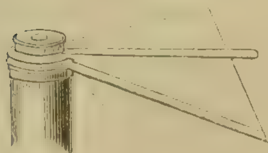
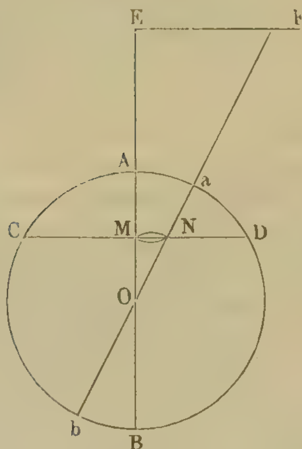


Fig. 186. II.



Die einzige Schwierigkeit, welche sich der genauesten Messung entgegenstellt, liegt darin, dass der Faden in der zweiten schiefen Stellung ab nicht so ganz sicher mit dem Endpunkte des Objectdurchmessers in Uebereinstimmung gebracht werden kann, als dies bei einer zu dem Durchmesser senkrechten Stellung der Fall ist.

Glasmikrometer.

Von Glasmikrometern gibt es zwei Arten, indem dieselben eingerichtet sind, um entweder als Object zu dienen, oder um in das Ocular eingelegt zu werden.

Objectmikrometer. Das Objectglasmikrometer dient im Allgemeinen mehr dazu, um die Vergrösserungszahlen der Mikroskope und den wahren Werth der Theilung der Ocularmikrometer zu bestimmen, als um auf directem Wege die wirkliche Grösse eines Gegenstandes zu ermitteln. Es ist vor allen Dingen nothwendig, dass dessen Theilung auf die allersorgfältigste

Weise ausgeführt ist, und hat man sich vor seiner Anwendung jedenfalls hiervon zu überzeugen, und etwaige Fehler kennen zu lernen, um dieselben bei nachfolgendem Gebrauch durch angebrachte Correction eliminiren zu können. Was die Theilung selbst betrifft, so ist, da das metrische Maass nun doch einmal und zwar mit Recht vollen Eingang bei wissenschaftlichen Zahlenangaben gefunden hat, im Allgemeinen als am passendsten das Millimeter als Einheit zu wählen. In der Regel wird es vollständig genügen, wenn das letztere in 100 Theile getheilt ist, indem noch feinere Theilungen von z. B. $^1/_{400}$ Mm. kaum von Nutzen sein dürften. Bei der Ausführung der Scala ist vor allen Dingen darauf zu sehen, dass die einzelnen Diamantstriche möglichst rein ausfallen und eine Dicke von etwa $^1/_{1500}$ Mm. nicht übersteigen, da dieselben sonst bei stärkeren Vergrösserungen nicht mehr als Linien gesehen werden, was für genaue Messung doch unbedingt nothwendig ist. Um bei der Zählung für das Auge die erforderlichen Anhaltspunkte zu gewinnen, und um Verwirrungen vorzubeugen, müssen je 10 und je 5 Theile durch einen längeren Strich ausgezeichnet werden, wie dies bei den gewöhnlichen Maassstäben im Gebrauch ist (Fig. 187). In der Regel führen die Optiker ihre Objectglasmikrometer auf runden Plättchen aus, geben denselben zum Schutze gegen Zerbrechen eine Messingfassung und bewahren sie mittelst eines Deckplättchens vor Schmutz. Beides wird jedoch am besten vermieden. Es genügt, wenn die Theilung auf einer rechteckigen, reinen, vollkommen ebenen Glasplatte von etwa 20 Mm. Breite, 40 bis 50 Mm. Länge und 2 bis 3 Mm. Dicke ausgeführt wird, indem dieselbe dann hinreichend vor dem Zerbrechen gesichert ist. Das Freiliegen der Theilung ist insofern wünschenswerth, als man dieselbe dann, je nach Bedürfniss, unbedeckt oder mittelst eines entsprechenden Plättchens bedeckt verwenden kann. Die Aufbewahrung in einem passenden, inwendig mit Sammt ausgekleideten Etui schützt ausreichend vor grober Beschmutzung. Sollte sich aber trotzdem eine störende Bestaubung u. s. w. einstellen, so lässt sich die Reinigung, wie ich mich überzeugt habe, auf ganz vorzügliche Weise durch die von Place (über die Prüfung der Glasmikrometer etc. Berlin 1860) empfohlene Manipulation ausführen. Man übergiesst nämlich die Glasplatte oder vielmehr die Scala mit einigen Tropfen Collodium, bis diese Flüssigkeit etwa 1 Mm. hoch steht. Sobald sich dann der Aether vollkommen verflüchtigt hat, was nach 10 bis 15 Minuten der Fall ist, und die Collodiumdecke zu einem papierdünnen Häutchen zusammengetrocknet erscheint, lässt sich dieselbe leicht am Rande mittelst eines feinen Messerchens loslösen und springt hierauf von selbst ab, oder kann mittelst der Pincette abgezogen werden. Die Theilung tritt nach dieser Operation mit wundervoller Klarheit hervor und erleidet auch durch öftere Reinigung

Fig. 187.



1 Mm. der Mikrometerscala 100mal vergrössert.

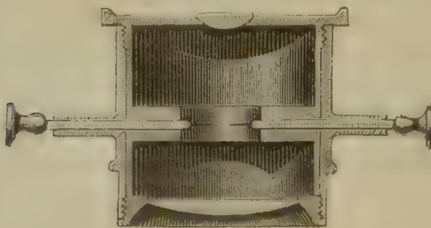
nicht den mindesten Schaden, was allerdings bei anderen Reinigungsmethoden mittelst Reibens etc. der Fall ist.

Ocularmikrometer. Das Ocularglasmikrometer bedarf natürlich einer weit weniger feinen Theilung, als das Objectmikrometer, und es genügt vollkommen, wenn 6 Mm. in 60, oder 10 Mm. in 100 Theile getheilt werden. Feinere Theilungen sind nicht allein überflüssig, sondern eher unbequem. Die einzelnen Striche müssen, damit sie mit Bestimmtheit und in der nöthigen Schärfe über dem Bilde des Gegenstandes gesehen werden können, weit stärker sein als bei dem Objectmikrometer, da sie nur 5 bis 20 mal vergrössert werden. Die Breite derselben darf aber auch wieder nicht ein gewisses Maass überschreiten, weil dadurch die Einstellung auf den Rand des Objectes erschwert und die Messung ungenau wird. Die Grenzen der Strichbreite werden etwa zwischen $^{1}/_{200}$ bis $^{1}/_{300}$ Mm. liegen müssen. Die Glasplatte muss hier kreisförmig sein und sollte die Dicke von 2 Mm. nicht überschreiten, dagegen auch nicht unter 1 Mm. herabgehen. Genauigkeit der Theilung, die aber hier weit leichter zu erreichen ist, wie bei der vorigen Mikrometerart, bleibt unbedingtes Erforderniss, ebenso die Reinheit und Gleichmässigkeit der Theilstriche. In Bezug auf die Lage des Mikrometers im Ocular ist noch hervorzuheben, dass die Theilung stets dem Objecte zugewendet sein muss, um die doppelte Reflexion an der hinteren Fläche und damit die Verdoppelung der Theilstriche zu vermeiden.

Das Spitzenocular.

Das Spitzenocular (Fig. 188) kann, wie wir später sehen werden, unter Umständen recht gute Dienste für die mikroskopische Messung leisten, bietet sich aber namentlich als ein vorzügliches Hilfsmittel bei Zählungen von Streifen, Punkten, Fasern u. dergl. dar. Dasselbe besteht aus einem einfachen Ocular, in welches genau diametral von den entgegengesetzten Seiten her zwei Schrauben hineinragen, die in feinen Spitzen endigen, und mittelst Umdrehung der links und rechts befindlichen Schraubenknöpfe einander genähert oder von einander entfernt werden können. Zur Ausführung von Messungen und Zählungen hat man neben dem Spitzenocular ausserdem ein Objectglasmikrometer nöthig. Die Messungen selbst sind dann für die meisten Fälle, in denen sie mittelst dieses Apparates überhaupt vorgenommen werden dürfen, sehr bequem auszuführen und besitzen hinreichende Genauigkeit. Die Fehler, welche durch die Beugung der Lichtstrahlen an den feinen Spitzen verursacht werden,

Fig. 188.



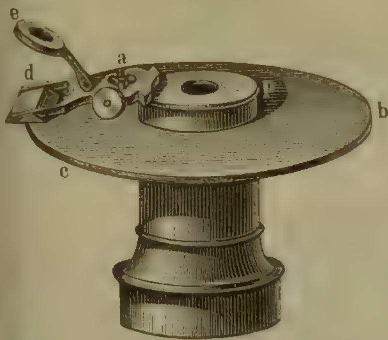
Spitzenocular.

nd meiner Ansicht nach kaum von irgend einem Einflusse, jedenfalls ber nicht von der Bedeutung, die man ihnen von manchen Seiten zugehrieben hat.

Das Goniometer.

Das Goniometer findet nur eine beschränkte Anwendung bei den istiologischen und physiologisch chemischen Untersuchungen, um die Vinkel mikroskopischer Krystalle zu messen. Selbst hier kann es aber der Regel entbehrt werden, wenn man sich auf andere Weise über ie betreffende chemische Verbindung die nothwendigen Aufschlüsse verhaffen kann. Ausserdem wird man bei der mikroskopischen Winkelessung in den meisten Fällen nur selten zu einer solchen Sicherit gelangen können, wie dies bei anderen derartigen Messungen r Fall ist, indem es nicht möglich ist, polyedrische Krystalle mit ihren neigten Flächen immer in diejenige Lage zu bringen, die zur sicheren Winkelbestimmung erfordert wird. Dies wird nur bei dünnen und ebenen Plättchen und für **eine** Lage derselben gelingen, und daher auch nur bei solchen mit genügender Sicherheit der betreffende Winkel bestimmt werden können.

Fig. 189.



Aus diesen Gründen werde ich mich hier denn auch nicht auf die mancherlei Abänderungen, die man an dem Instrumente vorgenommen hat, einlassen, sondern auf die Behreibung des **Schmidt**'schen **Goniometers** (**Carl Schmidt**, Unterchungsmethoden der Excrete und Säfte, 1846, S. 19) beschränken, das ir für unsere Zwecke ausreichend erscheint. Mit dem Mikroskophre steht der Messingkreis *abc* in fester Verbindung, dessen Umfang 360° getheilt ist, von denen jeder wieder eine Dritteltheilung betzt. An dem Oculare *p*, das zu diesem Zwecke mit einem genau cenirten Fadenkreuze versehen sein muss, befindet sich der Nonius *d*, über elchem zur bequemeren und genaueren Ablesung eine planconvexe Linse angebracht ist. Rückt man nun den zu messenden Krystallwinkel mit er betreffenden Ecke in den Schnittpunkt des Fadenkreuzes, bringt den nen der Fäden in genaue Uebereinstimmung mit dessen einer Kante, nd dreht dann das Ocular so weit, bis derselbe Faden mit der zweiten ante genau zusammenfällt, so gibt die Differenz der in beiden Stelngen gemachten Ablesungen die Grösse des durchlaufenen Winkels an, er dem Krystallwinkel entspricht. Nach **Schmidt**'s eigener Angabe oll der mögliche Fehler, wenn das Goniometer genau gearbeitet ist, nicht iel über 20 Secunden hinausgehen.

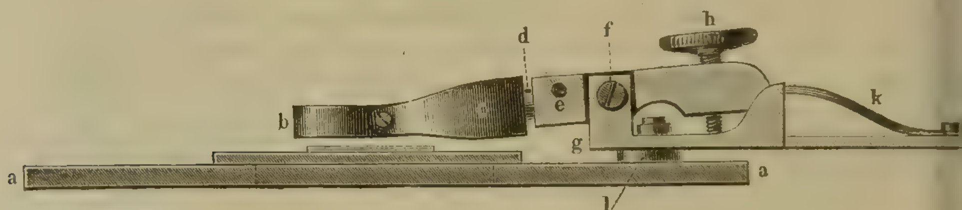
2. Vorrichtungen zur Anwendung von Druck, Wärme u. s. w.

Der mikrotomische Quetscher oder das Compressorium.

Der mikrotomische Quetscher dient dazu, um zarte Objecte, deren innere Structur nur dann in genügender Weise aufgehellt werden kann, wenn sie durch allmälige Quetschung ausgedehnt und somit durchsichtiger gemacht werden, einem allseitig gleichmässig wirkenden, in beliebigem Grade allmälig gesteigerten Drucke auszusetzen.

Schacht's Quetscher. Eine der einfacheren und zugleich zweckmässigeren Vorrichtungen dieser Art ist der nach den Angaben Schacht's von Zeiss in Jena ausgeführte Quetscher, Fig. 190, welcher um den

Fig. 190.



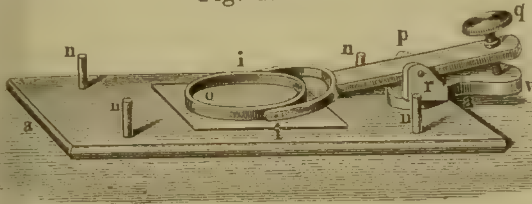
Schacht's Quetscher.

Preis von 5 Thalern in sauberem Etui geliefert wird. Derselbe zeichnet sich namentlich dadurch aus, dass man ihn auf das Object anwenden kann, wie man es vorher zur Beobachtung aufgelegt hatte, also dieses nicht erst auf eine besondere Objecttafel und unter besonderes Deckglas zu bringen braucht. Er besteht aus der vierseitigen, in der Mitte mit einer grossen runden Oeffnung versehenen, den Objectträger aufnehmenden Messingplatte *a a*, und dem nach der Innenseite sich conisch verjüngenden, centrisch durchbohrten Messingring *b*, von dem der Druck auf das Deckgläschen ausgeübt wird. Letzterer hängt zwischen zwei in dessen Durchmesser sich gegenüberstehenden Stiften in dem Bügel *c*, der sich vermittelst des in dem Hebel *e e* steckenden Zapfens *d* um seine horizontale Achse drehen kann, so dass ihm eine möglichst allseitige Beweglichkeit gesichert ist, und seine ebene Unterfläche unter allen Umständen der Oberfläche des Deckglases parallel bleibt. Der Hebel *e e* dreht sich bei *f* auf dem in horizontaler Lage festgehaltenen Lager *g g* und wird durch die schief stehende in diesem sich drehende Schraube *h* am hinteren Ende gesenkt und mittelst der starken stählernen Feder *k* beim Zurückdrehen jener gehoben. Wird die Schraube *h* gelockert, so drückt der Ring gegen die Deckplatte, und umgekehrt entfernt er sich von derselben, sobald man die erstere anzieht.

Der ganze obere Theil der Vorrichtung dreht sich ausserdem in horizontaler Ebene um den in der Platte $a\,a$ feststehenden Stift l und kann somit leicht über dem Object zur Seite gedreht werden.

Schieck's Compressorium. Eine ähnliche Einrichtung besitzt auch das Compressorium von Schieck (Fig. 191), nur geht dem Bügel $i\,i$ die Drehung in seiner Längsachse ab und ist dem Druckringe eine runde Glastafel o fest eingefügt, was den allseitigen Parallelismus der Deckplatte ausschliesst und in der Behandlung und Beobachtung des Objectes mancherlei Unbequemlichkeiten nach sich zieht. Die vier Stifte $n\,n\,n\,n$ sollen dazu dienen, um den Quetscher umkehren und das Object von zwei Seiten beobachten zu können, ein Vortheil, der nur für solche Gegenstände in Wirklichkeit vorhanden ist, welche vermittelst schwächerer Objectivsysteme untersucht werden können.

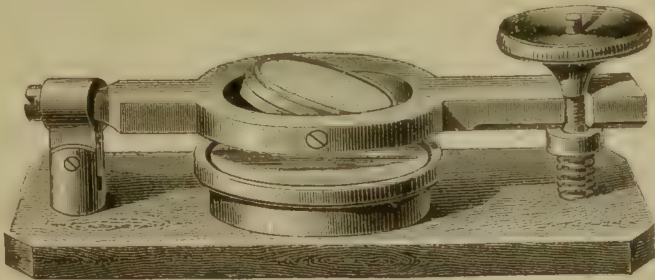
Fig. 191.



Schieck's Compressorium.

Schmidt's Quetscher. Noch unbequemer als der letztgenannte sind jene Quetscher, welche wie der neben abgebildete von Franz Schmidt und Haensch eine solche Einrichtung besitzen, dass Objectträger und Deckplatte integrirende Bestandtheile des Apparates ausmachen. Dieses Compressorium, dessen Preis 5 Thaler beträgt, sowie das Oberhäuser'sche, welches eine Abänderung des Schieck'schen bildet und zu 20 Franken ($5^1/_3$ Thaler) notirt ist, sind indessen so construirt, dass man die Glasplatten entfernen und andere einsetzen kann.

Fig. 192.



Quetscher von Schmidt und Haensch.

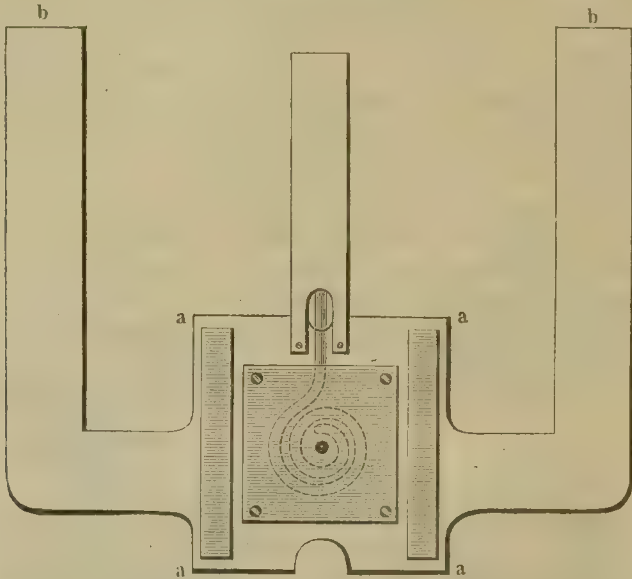
Amici's Quetscher. Amici hat den Quetscher in der Art vereinfacht, dass er den an einer festen Achse befindlichen Hebel in eine halbkreisförmige Gabel endigen lässt, deren Enden nach unten klauenförmig eingebogen sind und auf das Deckplättchen unmittelbar drücken, sobald das hintere Ende mittelst der Schraube gehoben wird. Diese Einrichtung, so empfehlenswerth sie auch in Bezug auf den Kostenpunkt sein

möchte, genügt der Aufgabe der Quetscher durchaus nicht in vollem Maasse, indem der nur von zwei Punkten ausgehende Druck keineswegs hinreichend gleichmässig sein kann.

Der heizbare Objecttisch.

Max Schultze's Objecttisch. Schon ziemlich früh ist das Bedürfniss erkannt worden, manche mikroskopische Objecte während der

Fig. 193.



Beobachtung einer erhöhten Temperatur auszusetzen und wurden mancherlei Vorrichtungen zu diesem Zwecke verwendet. Keine derselben indessen, mochten sie nun einen complicirteren Bau besitzen, wie z. B. die Chevalier'sche Vorrichtung an dessen umgekehrtem Mikroskope, oder von der einfachsten Natur sein, wie die von Schacht (Mikroskop S. 79) empfohlenen kleinen Wachskerzchen, konnte ihren Zweck vollkommen erfüllen, weil es keine ermöglichte, den angewendeten Temperaturgrad auch nur annähernd zu bestimmen. Professor Max Schultze erst ist es gelungen, eine Vorrichtung zu construiren, welche gestattet, das Object während der Beobachtung jeder beliebigen messbaren, sowohl zu- und abnehmenden, als auf einem bestimmten Grade zu erhaltenden Temperatur auszusetzen. Diese Vorrichtung, von ihrem Erfinder „heizbarer Objecttisch" genannt, ist dazu bestimmt, auf den Objecttisch des Mikroskopes aufgelegt zu werden, welcher dadurch um etwa 10 Millim. erhöht wird. Hierdurch geht zwar für die stärkeren Objective viel Licht verloren, allein dieser Verlust lässt sich bei den grösseren Stativen durch Verschieben des Spiegels, bei anderen durch Anwendung der früher beschriebenen Beleuchtungslinse leicht ausgleichen.

Der Apparat besteht aus einer Messingplatte von 1 bis 2 Millim. Dicke, deren mittlerer Theil in Grösse und Form mit dem gewöhnlichen Objecttisch des gebrauchten Mikroskopes in Uebereinstimmung steht. Von diesem Theile aus gehen nach beiden Seiten etwa 30 Mm. breite Arme *b, b* aus, welche nach kurzem Verlaufe in rechtem Winkel nach vorn umbiegen und dann noch eine Länge von 170 bis 200 Mm. besitzen. Diese sind dazu bestimmt, die ihnen von kleinen Spirituslampen mitgetheilte Wärme nach dem mittleren Theile zu leiten, der, wenn jene sich unter den beiden Enden befinden und eine nur kleine Flamme entwickeln, eine Temperatur von etwa 35 bis 40° C. annimmt. Der mittlere Theil besitzt nur eine kleine Oeffnung, welche als Blendung wirkt und bei der Befestigung des Apparates immer genau centrirt werden muss. An der Unterseite der Messingplatte sind zu beiden Seiten der Oeffnung zwei von vorn nach hinten laufende, vierkantige Holzleisten *a a* befestigt, mittelst deren sie auf dem Objecttische ruht, und durch welche eine Mittheilung der Wärme an diesen, sowie eine Berührung des zu dem heizbaren Tische gehörenden Thermometers mit demselben verhindert wird. Das letztere besteht aus einem spiralförmig gewundenen Quecksilberbehälter von zwei Windungen, von dem aus sich die an einer dem Tische angeschraubten, schief aufsteigenden, messingenen, nach Celsius getheilten Scala anliegende Thermometerröhre erhebt. Der Quecksilberbehälter liegt der Messingplatte womöglich mit abgeplatteter Fläche genau an, um deren Temperatur schnell anzunehmen. Ein niedriges Kästchen aus Messingblech schützt denselben einerseits vor Verletzungen, andererseits bewahrt es ihn vor Abkühlung und erwärmt ihn, die Temperatur des Tisches annehmend, auch noch von der anderen Seite. In der Mitte des Kästchens ist eine conische, innen geschwärzte Blendung eingesetzt, deren Oeffnung etwa denselben Durchmesser hat, wie die Cylinderblenden.

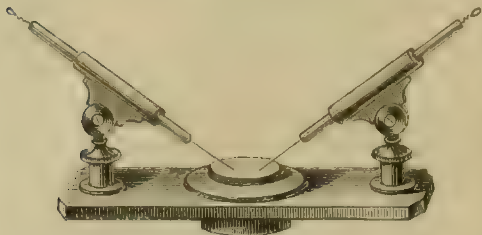
Zur Befestigung des heizbaren Objecttisches kann man sich entweder der für die Federklammern bestimmten Oeffnungen des gewöhnlichen Objecttisches bedienen, oder auch zwei Klemmschrauben benutzen, welche passend in entsprechende Vertiefungen der Messingplatte eingelassen werden.

Der elektrische Objectträger.

Nicht weniger wichtig als die erhöhte Temperatur ist die Anwendung elektrischer Ströme auf manche mikroskopische Objecte. Namentlich hat dieses physikalische Reagenz in der neuesten Zeit eine hohe, wenn auch hier und da überschätzte Bedeutung gewonnen, und es wird wohl kaum einen Mikroskopiker geben, der, sich mit der feineren Histiologie der Pflanzen und Thiere beschäftigend, dessen Anwendung versäumen dürfte.

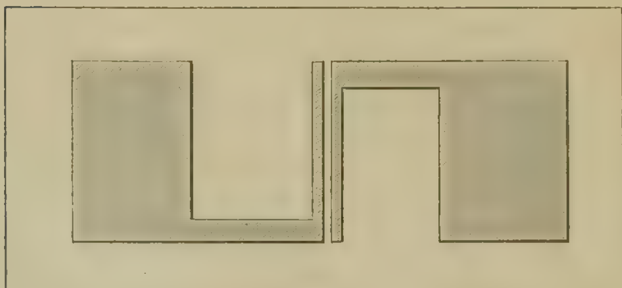
Plössl's Entlader. Eine der ältesten Vorrichtungen für die Durchleitung des elektrischen Stromes durch mikroskopische Präparate ist der von Plössl construirte, dem gewöhnlichen Entlader ähnliche mikroskopische Elektricitätsentlader, welcher auf den Objecttisch gestellt werden kann, und um den Preis von $3^1/_3$ Thaler geliefert wird. Der Gebrauch dieses Instrumentchens hat indessen manche Unzuträglichkeiten. Es schliesst vermöge seiner Construction die Bedeckung der Objecte und die Anwendung von starken Objectiven fast vollständig aus, ist aber für grössere unbedeckt zu beobachtende Objecte, grössere Infusorien, Räderthiere u. dergl., recht zweckmässig.

Fig. 194.



Schacht's und Kühne's Vorrichtungen. In neuerer Zeit haben sich denn in Folge des Mangels eines geeigneten und auch für stärkere Vergrösserungen bequem zu gebrauchenden Apparates manche Mikroskopiker mit höchst einfachen Vorrichtungen beholfen. So kittet Schacht einfach zwei unter das Deckglas reichende Platindrähte auf den Objectträger und verbindet sie mit den Poldrähten des elektrischen Apparates. Kühne befestigt zwei in der nebengezeichneten Weise geformte Platinbleche mittelst Siegellacks auf den Objectträger und beschwert dieselben mit Bleiklötzchen, die mittelst feiner geglühter und schraubenförmig gewundener Eisendrahtstücke mit den Poldrähten verbunden werden. Andere nehmen Objectträger aus Spiegelglas und entfernen den Metallbeleg in der Mitte bis auf zwei schmale sich gegenüberstehende Streifen u. s. w. Alle diese Behelfsvorrichtungen lassen den Beobachter aber immer mehr oder weniger empfindlich im Stiche, und machen demselben einen handlichen, vollkommen dem Zweck entsprechenden Apparat wünschenswerth.

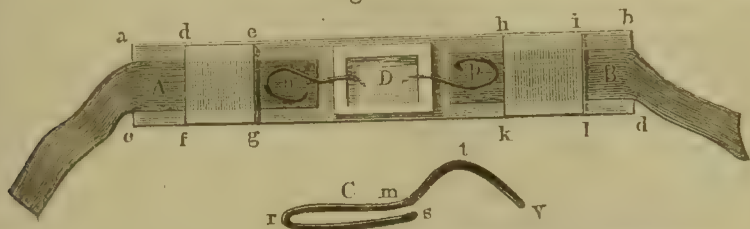
Fig. 195.



Harting's elektrischer Objectträger. Einen recht einfachen elektrischen Objectträger, der mit geringer Modification in der Biegung der Entladungsdrähte auch leicht für bedeckte Objecte verwendet werden kann, hat Harting (Mikroskop S. 429) empfohlen. Derselbe besteht aus einem Glasstreifen *a b c d* von etwa 100 bis 120 Mm. Länge und 30 Mm. Breite, auf welchem zwei etwas schmälere Stanniolstreifen *A* und *B* so aufgeklebt sind, dass zwischen ihnen

in Raum von etwa 25 bis 30 Mm. frei bleibt, während sie das Glas an beiden Enden etwas überragen. Ueber die Stanniolstreifen sind zwei Glasplättchen *defg* und *hikl* (dicke Deckplättchen) mittelst Harz so befestigt, dass die ersteren vollständig isolirt bleiben, wenn die Federklam-

Fig. 196.

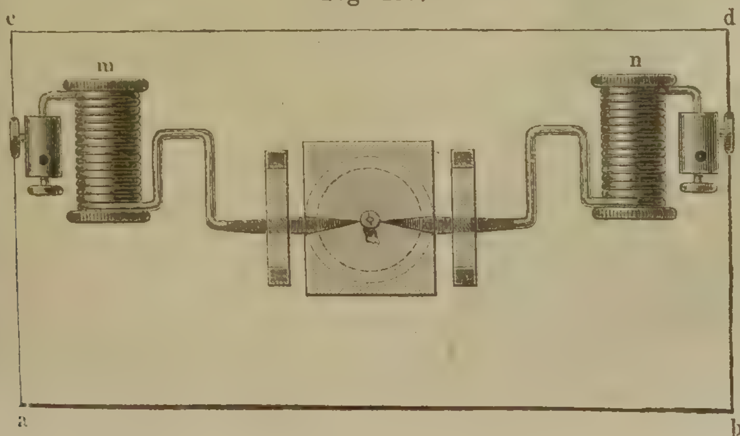


mern des Objecttisches den letzteren aufliegen. Die losen Entladungsdrähte *n* und *p* bestehen aus geglühtem Kupferdraht, oder besser aus Platindraht, und sind in der bei *C* gezeichneten Weise gebogen. Diese Drähte werden auf die Stanniolstreifen aufgelegt und können einander beliebig genähert werden, müssen aber, wenn sie für bedeckte Objecte dienen sollen, an ihren Enden horizontal umgebogen und möglichst dünn sein. Die freien, über den Objectträger herabhängenden Enden des Stanniolstreifens, werden mit den Poldrähten des Elektricitätsträgers verbunden. Die Mängel, welche dieser Vorrichtung ankleben, beruhen darin, dass der Objectträger vermöge seiner Länge leicht überkippt, dass die Verbindung mit den Poldrähten eine nicht hinreichend stabile ist, und dass die gebogenen Entladungsdrähte einerseits die freie Bewegung der Hände beeinträchtigen, andererseits zu leicht der Verschiebung, der Berührung mit den Händen u. s. w. ausgesetzt sind, was bei der Beobachtung immer störend und unbequem ist.

Elektrischer Objectträger von Dippel. Um allen den genannten Uebelständen zu entgehen, habe ich mir folgenden elektrischen Objectträger angefertigt, den ein Jeder mit Leichtigkeit und mit geringem Kostenaufwand nachmachen kann.

Die Grundlage bildet eine nicht zu dünne Spiegelglasplatte *abcd*,

Fig. 197.



deren Grösse mit der des benutzten Objecttisches genau übereinstimmt. Zu beiden Seiten sind die kleinen Drahtrollen *m* und *n* aufgekittet, welche aus übersponnenen, auf kleine Glasröhren oder Glasstäbe gewundenen dünnen Kupferdrähten bestehen. Die nach Innen gewendeten Enden dieser Drähte sind der leichteren Beweglichkeit halber in horizontaler Ebene rechteckig gebogen und nach vorn dünn ausgeschlagen oder werden durch angelöthete Platinstreifen gebildet, so dass sie leicht unter das Deckglas geführt werden können und dieses nicht zu weit über die Oberfläche des Objectträgers emporheben, damit auch für stärkere Objective die genaue Einstellung nicht behindert wird. Um diesen Enden hinreichende Stabilität zu geben, und sie in eine dem zu beobachtenden Objecte und der gewählten Stromrichtung entsprechenden Stellung und Entfernung von einander bringen und darin festhalten zu können, sind sie unter zwei aus kleinen Glasstückchen bestehenden Rähmchen weggeführt, in denen sie sich etwas schwer verschieben lassen. Zur Verbindung der freien Enden mit den Poldrähten des Elektricitätserregers können entweder einfache Oesen, oder noch besser kleine, um niedrigen Preis zu beschaffende Klemmschrauben dienen. Zur Befestigung auf dem Tische des Mikroskopes können die beiden, gewöhnlich beigegebenen Federklammern benutzt werden, welche hinreichende Beweglichkeit lassen, um das Object in die Mitte des Gesichtsfeldes zu bringen. Will man den Objectträger indessen mit seiner hinteren Seite beweglich in den Falz einer dicken Messingplatte einlassen, so kann man an diese zwei Stifte festschrauben und dieselben in die für die Federklammern bestimmten Löcher einstecken.

Die feuchte Kammer.

Diese Vorrichtung, welche die Verdunstung der Zusatzflüssigkeiten zu verhindern bestimmt ist, wurde von Recklingshausen erdacht und zuerst angewendet. In ihrer ursprünglichen Gestalt besteht dieselbe aus einem etwa 50 Millim. weiten Glasringe, dessen unterer Rand abgeschliffen ist, um genau auf dem Objectträger aufzusitzen. Ueber den Glasring ist ein weites Kautschukrohr festgebunden, dessen oberer Theil über die Mikroskopröhre gezogen und an dieser mittelst einer Gummischnur festgehalten wird. Als Objectträger, welchem der geschliffene Rand des Glasringes aufsitzt, dient eine etwa 70 Mm. lange und 60 Mm. breite Platte aus geschliffenem Glas. In etwas einfacherer Gestalt kann man sich nach Prof. M. Schultze die feuchte Kammer aus dem abge-

Fig. 193.



Feuchte Kammer nach Max Schultze.

prengten unteren Theil eines Lampencylinders herstellen. Der Rand des veiteren Theiles wird dann abgeschliffen, und den oberen engeren Theil üttert man zweckmässig mit Tuch oder weichem Leder aus, damit er em Rohre des Mikroskopes möglichst anschliesst, ohne dessen senkrechte Bewegung zu hindern oder derselben zu folgen. Obwohl diese letztere Einrichtung der feuchten Kammer an Beweglichkeit etwas eingebüsst hat, o hindert sie doch die Verschiebung des Objectes nicht wesentlich; sie ietet aber den Vortheil, dass man einen freien Einblick in das Innere er Vorrichtung hat. Um den inneren Raum fortdauernd mit Wasserunst erfüllt zu halten, legt man an der inneren Fläche des Ringes oder es Cylinders einen ungefähr drei Viertheile des Umfanges einnehmenden treifen Fliesspapier, den man mit Wasser benetzt hat.

Objecthalter.

Für manche, namentlich entomologisch-systematische Untersuchunen gewähren kleine Zängelchen gute Dienste, welche dazu bestimmt ind, um kleine Objecte, die bei auffallendem Lichte von allen Seiten er Beobachtung ausgesetzt werden sollen, in den Focus zu bringen, nd daselbst festzuhalten. Sehr zweckmässig hierfür ist die nebentehende kleine Vorrichtung, welche Hartnack als Mikrophore de Strauss um 20 Franken liefert, indem sie alle erforderlichen Bewegungen

Fig. 199.



zulässt, so dass das betreffende Object leicht und sicher in die gewünschte Lage gebracht werden kann. Der Träger hat am unteren Ende einen Stift, mittelst dessen er in eine der für die Federklammern bestimmten Oeffnungen des Objecttisches eingesteckt werden kann, am oberen dagegen st er mit einem Charniergelenk versehen, worin sich die federnde Hülse bewegt, in der sich das kleine Zängelchen mit seinem langen runden Arme verschieben lässt. Dieses öffnet sich, wenn man die Schraube *b* weggenommen hat, durch Druck auf den kürzeren Arm *a*, und hält dann mittelst des von der den kürzeren und längeren Arm verbindenden Feder ausgeübten Gegendruckes das Object fest.

Federklammern.

Die Federklammern bilden für manche Fälle, namentlich dann, wenn man das zusammengesetzte Mikroskop zum Präpariren benutzt, eine ganz erwünschte Zugabe zu dem Stative. Ich hätte es kaum für nothwendig

gehalten, dieselben hier besonders zu erwähnen, wenn sie nicht in den meisten Fällen ganz unpraktisch eingerichtet wären. Zunächst dürfen dieselben niemals fest mit dem Objecttische verbunden, sondern sie müssen zum Einstecken eingerichtet sein, damit sie nach Belieben und leicht entfernt und wieder angebracht werden können. Dann ist, wenn sie ihrem Zwecke hinreichend entsprechen sollen, nothwendig, dass dieselben aus Stahl, und nicht, wie es allgemein Sitte ist, aus Messing angefertigt werden, weil dieses nie hinreichend stark federt, um bei vorzunehmender Präparation den nothwendigen Halt zu gewähren.

III. Apparate und Hilfsmittel zur Darstellung der mikroskopischen Präparate.

Wir haben es hier zunächst mit den Apparaten zu thun, mittelst deren man den zu untersuchenden Gegenständen diejenige Form und Beschaffenheit gibt, welche sie zur mikroskopischen Beobachtung geeignet macht, und es reihen sich hieran dann jene Utensilien, welche bei der Beobachtung selbst und zu deren Unterstützung mehr oder minder häufige Anwendung finden.

Da es sich bei der vorbereitenden Präparation hauptsächlich um die Darstellung sehr feiner Durchschnitte handelt, so nehmen unter den hierher gehörigen Apparaten die schneidenden Instrumente den ersten Platz ein.

Rasirmesser und deren Instandhaltung. Die mannigfachste Benutzung sowie die sicherste Handhabung unter allen schneidenden Instrumenten gestatten die Rasirmesser, weshalb der Mikroskopiker mit einem passenden Vorrath derselben versehen sein muss. Man sollte deren immer einige von verschiedener Beschaffenheit besitzen, denn während sich zur Darstellung feiner Schnitte aus thierischen Geweben sowie aus grosszelligen saftigen Pflanzentheilen nur solche mit leichter hohlgeschliffener Klinge eignen, kann man für Hölzer, Samenschalen und dergleichen härtere Gegenstände keine anderen, als solche mit schwererer, möglichst ebener, nicht zu dünner Klinge gebrauchen. Da nun nicht jede Klinge den passenden Härtegrad besitzt, den ihre Verwendung zu unseren Zwecken erheischt, so muss man eben unter einer grösseren Anzahl von Messern die geeigneten sich auswählen, was gerade nicht immer leicht ist und nicht unbedeutende erste Anschaffungskosten erheischt. Wo man daher Gelegenheit hat, da verschaffe man sich alte, von den Barbierern zurückgelegte Messer, unter denen man ein und das andere passende aussuchen und um mässigen Preis erstehen kann.

Die Hauptsache bleibt für die Folge die, dass man sein Rasirmesser, wenn es einmal passend gewählt ist, in gutem Zustande und bei scharfer Schneide erhält, was man immer selber zu besorgen haben wird, da der

chleifer namentlich in Beziehung auf die Politur der letzterne den Mi-
roskopiker nie so recht befriedigen kann. Ganz stumpfe, dickschneidige,
ler gar schartig gewordene Messer muss man sich allerdings erst von
em Messerschmied oder Instrumentenmacher schleifen lassen, um hier-
uf zur Herstellung einer tadellosen Schneide zu schreiten.

Zur Erzielung einer guten, hinreichend ebenen und vollkommen po-
rten Schneide gehört aber eine gewisse Fertigkeit, sowie die Beobach-
ung mancher Vorsichtsmaassregeln, weshalb es nicht am unrechten Platze
ein dürfte, diesen Punkt hier etwas eingehender zu behandeln.

Zunächst bearbeitet man seine Klinge auf dem Abziehsteine, indem
an von einem etwas gröberen zu einem feineren übergeht. Zu dem er-
ten Schleifen sind die weissen französischen Steine mit etwas gröberem Korn
ehr geeignet, während zu dem feinsten Schliffe die grauen oder blauen
Vassersteine benutzt werden müssen. Zur Benetzung der Steine nehme
an Wasser, niemals Oel, denn wenn man mittelst des letzteren
ine feinere Schneide zu erlangen glaubt, so beruht dies lediglich auf
orurtheil. Ferner sehe man darauf, dass der Schleifstein immer eine
ollständig ebene Fläche bildet. Ist derselbe durch längeren Gebrauch
i der Mitte etwas hohl geworden, so lasse man sich denselben, wo man
elegenheit dazu hat, wieder ebenen, oder thue dies selbst auf einer ebe-
en gusseisernen Platte, wobei man als Schleifmittel zuerst Silbersand
nd dann fein geschlämmten Tripel anwendet.

Beim Schleifen selbst halte man das Messer stets ganz flach, d. h. so,
ass Rücken und Schneide gleichzeitig den Stein berühren, und ziehe es
nit der Schneide voran und unter *stetem* Wechseln der Seiten auf dem
teine hin und her. Während der ersten Arbeit darf man einen mässigen
Druck ausüben, später aber muss man denselben möglichst vermeiden;
erner achte man darauf, dass das Messer, in entsprechender diagonaler
ichtung, das Heft stets voran, über den Stein geführt wird, weil dadurch
lie Schneide weit gleichmässiger ausfällt. Hat man auf diese Weise eine
charfe Schneide hervorgebracht, so schreitet man zu der eigentlichen Po-
itur derselben, um die kleinen, wie man sich mittelst des Betrachtens
lurch die Lupe überzeugen kann, stets noch vorhandenen Scharten zu
eseitigen, welche auf den Schnitt immer insofern nachtheilig wirken,
ls sie auf ihm Streifen hervorrufen, die bei der Beobachtung man-
herlei Störungen und Täuschungen bewirken können. Zur Politur eig-
et sich kein Verfahren besser, als das von *Hugo v. Mohl* empfohlene.
Auf eine matt und eben geschliffene Spiegelplatte, etwa von der Grösse
ler Abziehsteine, streiche man mit Wasser zu einem dicken Rahme ange-
ührten Wiener Kalk, und führe darauf, in ähnlicher Weise wie beim Ab-
ziehen, aber in kreisförmigen Zügen das Messer hin und her. Durch in
kürzeren Pausen wiederholtes Betrachten der Schneide überzeugt man
sich von dem Fortschritte der Arbeit. Als vollendet kann man dieselbe
betrachten, wenn die Schneide unter der Lupe eine ununterbrochene
glänzende Linie bildet.

Will man nach dieser Behandlung noch etwas Weiteres thun, so kann man das Messer auch noch einigemal, den Rücken der Klinge voran und in diagonaler Richtung über den Streichriemen führen. Der letztere ist ausserdem unentbehrlich, um nach kürzerem Gebrauche der Schneide des Messers wieder eine untadelhafte Politur zu geben. Da diese schon nach wenigen Schnitten, namentlich bei härteren Gegenständen, immer etwas verliert, so sollte man es sich zur Regel machen, schon nach kurzem Gebrauch des Messers den Streichriemen wieder in Anwendung zu bringen.

Als Streichriemen eignet sich am besten ein weiches Leder, welches mit der Haarseite nach oben auf eine Unterlage von Holz befestigt ist, und welches man mit einer Mischung von feinem geschlämmtem Eisenoxyd (Englischroth) und Fett, am besten Olivenöl, bestreicht. Da indessen das im Handel vorkommende Eisenoxyd lange nicht fein genug ist, so thut man am besten, sich dasselbe eigenhändig zu bereiten. Vortrefflich ist das nach der von C. Gerstenberger neuerdings empfohlenen Vogel'schen Vorschrift dargestellte Eisenoxyd, weshalb ich dieselbe hier wiedergebe. „Man löst schwefelsaures Eisenoxyd in heissem Wasser und schlägt die reine, filtrirte Lösung mit einer concentrirten Lösung von Oxalsäure nieder. Der gelbe Niederschlag wird abfiltrirt, auf dem Filter getrocknet und in einem Löffel oder Tiegel von Eisen stark ausgeglüht. Die Oxalsäure zerfällt dabei in Kohlenoxyd und Kohlensäure, welche verfliegen, das Eisenoxyd aber bleibt in einer Feinheit zurück, wie man es auf anderem Wege schwer erhalten wird."

Zum raschen Instandsetzen etwas stark angegriffener Schneide habe ich in neuerer Zeit häufig den vierseitigen Streichriemen von Zimmer benutzt und recht geeignet gefunden. Derselbe ist an der einen Seite, 4, mit einem feinen Smirgelsteine belegt, und gestattet somit eine rasche Schärfung des Messers, wenn es etwa während des Schneidens kleine Schäden erlitten hat, ohne dass man zu dem Abziehsteine zu greifen braucht. Vermeidet man durch etwas Vorsicht bei Benutzung dieser Seite das Entstehen eines Grates, so erhält die Schneide dann durch Benutzung der übrigen Seiten 3, 2, und 1 schnell eine untadelhafte Politur. Der Preis beträgt je nach der Grösse $1^1/_4$ oder $1^1/_2$ Thaler.

Scalpelle. Für einzelne Fälle, namentlich zur Anfertigung von Schnitten thierischer Gewebe, leistet neben dem Rasirmesser das Scalpell ebenfalls recht gute Dienste. Zweckmässig hat man von demselben mehrere mit verschieden geformten Klingen (Fig. 200). Als sehr brauchbar für feine oberflächliche Schnittchen weicher thierischer Gewebe empfiehlt Harting ein lancettförmiges, gebogenes Messerchen (Fig. 201 A, B, C), dessen Klinge auf der hohlen Seite ganz eben, auf der erhabenen dagegen in der Mitte verdickt ist.

Valentin's Doppelmesser. Das Valentin'sche Doppelmesser dürfte ebenfalls nur bei der Anfertigung von Schnitten thierischer Gewebe Anwendung finden. Wenigstens habe ich bis jetzt bei der Präparation

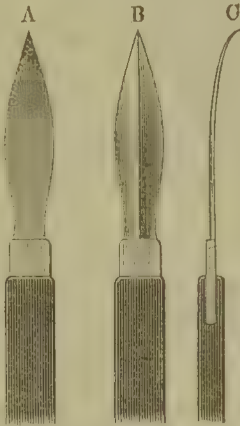
egetabilischer Objecte noch durchaus keine Anwendung davon machen önnen, welche irgend einen erheblichen Vortheil geboten hätte.

Fig. 200.



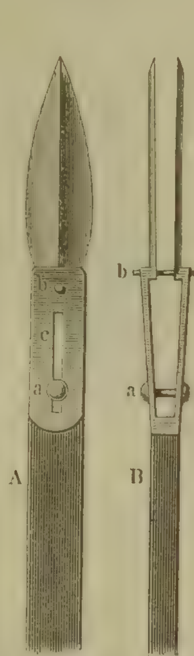
Scalpelle.

Fig. 201.



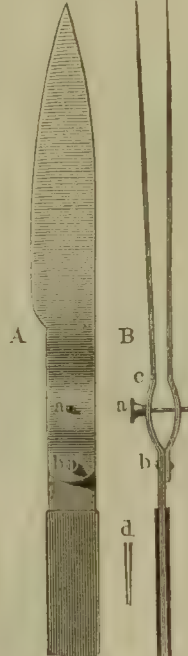
Lanzettförmiges Messer.

Fig. 202.



Valentin's Doppelmesser.

Fig. 203.



Harting's Doppelmesser.

In seiner ursprünglichen Form esteht es aus zwei doppelschneidigen, it den ebenen Flächen einander ugekehrten Klingen (Fig. 202). iese können durch einen beiderseits eknöpften Stift *a*, welcher sich in einer Rinne vor- und rückwärts schieen lässt, von einander entfernt oder einander genähert werden, wobei ieselben durch einen zweiten Stift *b*, der in einer passenden Oeffnung der inen Klinge gleitet, während er in der anderen festsitzt, in ihrer Stelung erhalten werden.

Diese Form ist mannigfach abgeändert worden. Als wirkliche Veresserungen können dabei namentlich die von Welcker und Harting angebrachten Modificationen betrachtet werden.

Ersterer bringt in dem vorderen Drittheil der beiden Klingen längs eren Rücken und an deren Innenfläche einen Falz an, welcher nach em hinteren Theile zu immer seichter wird, und in welchem ein mit iner Handhabe versehener kleiner Reiter hin- und hergeschoben werden ann. Dadurch wird erstlich erreicht, dass man die Klingen von 1 Mm. bstand an in jede geringere Entfernung von einander bringen kann, inem der Reiter, wenn er den Klingenspitzen nahe sitzt, deren vollständige chliessung erlaubt. Zweitens wird dadurch verhindert, dass sich die Klinen beim Schneiden durch den von der Seite her wirkenden Druck schliessen.

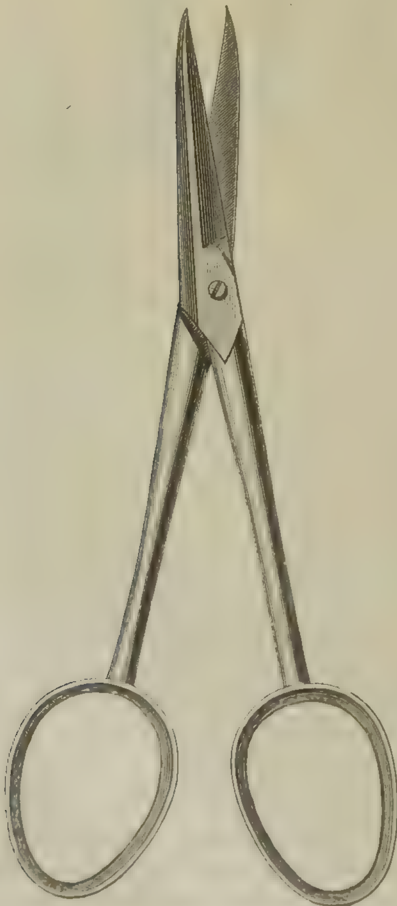
Harting liess dem Doppelmesser die in Fig. 203 A, B, d dargestellte Einrichtung geben. Der Hauptvortheil dieser Form für die Präparation oll nach seiner Angabe darin liegen, dass durch die zunehmende Entferung einestheils von der Schneide gegen den Rücken *d*, dann von dem hinteen Theile der Klinge nach der Spitze hin die feinen Schnittchen nicht zwi-

schen den Klingen stecken bleiben. Ein weiterer Vortheil macht sich darin geltend, dass die Entfernung der Klingen nicht durch einen Schieber, sondern mittelst einer Schraube *a* regulirt wird, wodurch es ermöglicht ist, die kürzere Klinge durch Drehung um den Stift bei *b* ganz zurückzuschlagen, so dass man das Instrument nun gründlich reinigen und leicht schleifen kann. Um bei der gewöhnlichen Form des Doppelmessers diese letztere Bequemlichkeit zu erreichen, muss die Rinne der einen Klinge, in welcher sich der geknöpfte Stift bewegt, am hinteren Ende eine runde Oeffnung erhalten, die etwas grösser ist als das Knöpfchen, so dass sich jene ausheben und zurückschlagen lässt.

Zu ähnlichen Zwecken, wie das Doppelmesser, dienen die Doppellanzette und der Doppelmeisel, welche von einzelnen Mikrographen empfohlen werden, die wir indessen hier übergehen können, da ihre Anwendung eine nur beschränkte ist und die Art ihres Gebrauches fast ganz mit der des Doppelmessers übereinstimmt.

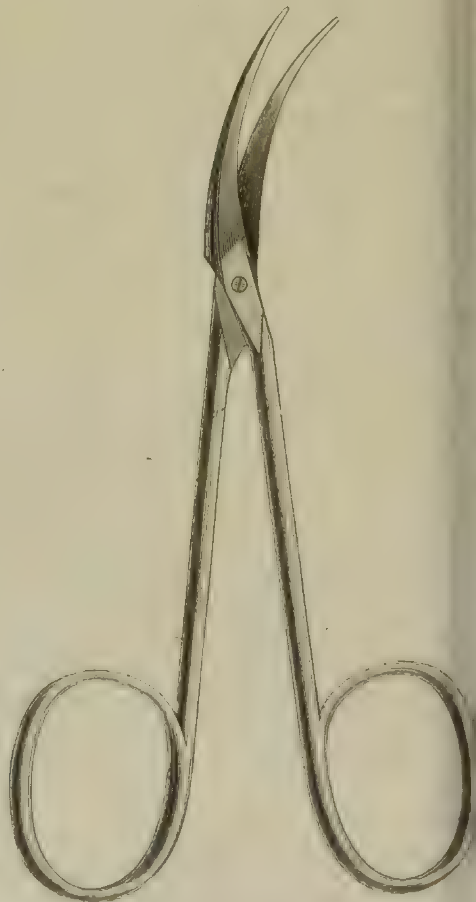
Scheeren. Von den kleinen Scheeren, die zur Anfertigung man-

Fig. 204 A.



Anatomische Scheere.

Fig. 204 B.



Cooper'sche Scheere.

er Präparate mit Vortheil gebraucht werden können, hat man zwei ten. Die eine Art (Fig. 204 A) gleicht ganz der gewöhnlichen anatoischen Scheere mit geraden Schenkeln, die andere, sogenannte Cooper'he, besitzt über die Fläche gebogene Klingen (Fig. 204 B).

Das Schleifen der Scheeren kann man gleichfalls selber besorgen. Es schieht, indem man die Schenkel derselben auf dem Steine hin- und rzieht, und dabei darauf achtet, dass immer dieselbe Richtung eingelten wird, d. h. dass sich die Längenachse des Steines und die des henkels stets unter demselben Winkel schneiden.

Stahlpincetten. Von Stahlpincetten braucht man in der Regel für inere Präparationen nur zwei, eine solche mit feinen und eine solche mit eiteren Spitzen, die am besten auf der Innenseite nicht feilenartig gerbt, sondern ganz glatt sind, indem sie auch so schon für die kleinen Obcte hinreichend Halt gewähren, dagegen diesen weniger Schaden zufügen, s im anderen Falle. Messingpincetten, wie man sie hier und da den ikroskopen beigegeben findet, taugen durchaus nichts; ebenso sind die genannten Schieberpincetten nicht zu empfehlen; für manche Zwecke eigt sich dagegen eine Pincette mit gekrümmten Spitzen recht gut, naentlich wenn man kleine Objecte aus dem Wasser flacher Schalen nehen will.

Mikrotome. Zur Anfertigung sehr dünner Durchschnitte von härteren eweben, Pflanzenstengeln, Holzstückchen u. dergl., hat man schon seit läner eigene, unter dem Namen Mikrotome bekannte Instrumente construirt. olche beruhen im Allgemeinen darauf, dass das Object mittelst einer feien Schraube nach oben bewegt wird, bis es aus der Oeffnung einer grösseen Platte hervortritt, über welche das schneidende Instrument entweder ittelst der freien Hand oder mittelst mechanischer Mittel bewegt wird.

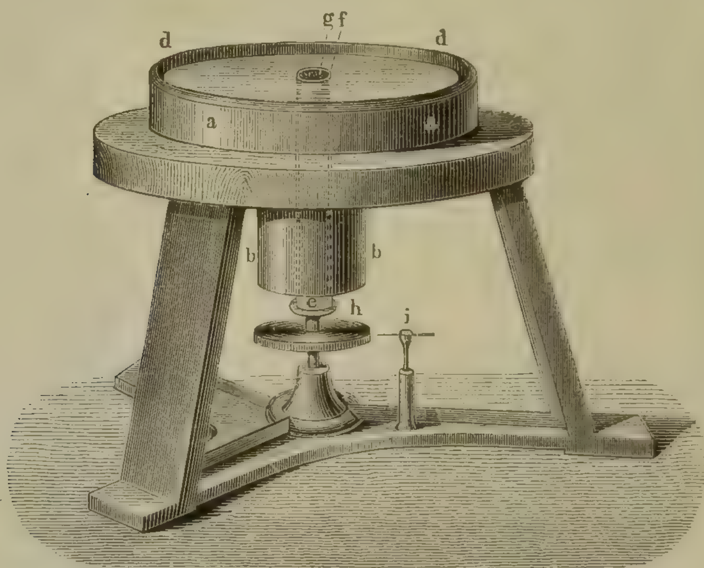
Diese Instrumente hatten sich bis jetzt indessen einer sehr geringen erbreitung zu erfreuen. Erstlich besitzen dieselben einen Preis, der icht selten den eines mittleren recht guten Mikroskopes erreicht, oder ar übertrifft. Dann ist ihre Benutzung eine so eingeschränkte, und leien sie für den praktischen Mikroskopiker verhältnissmässig so Unvollommenes, dass sich derselbe immer wieder zu den früher genannten einachen Instrumenten wird wenden müssen.

Wo man allerdings Schnitte von grösserer Ausdehnung und doch leichmässiger Dicke zu erhalten wünscht, was bei dem Schneiden aus reier Hand nie vollständig zu erreichen ist, da mag das Mikrotom seine Dienste leisten. Bei der eigentlichen wissenschaftlichen Beobachtung kommt jedoch dieser Umstand meistens fast ganz ausser Betracht, da es n der Regel genügt, wenn das Präparat nur einzelne für die Beobachung geeignete Stellen hat, die bei geschickter Führung des Messers dann auch meist weit besser ausfallen, als bei Anwendung des Mikrotomes. Für solche, die verkäufliche Präparate einer besonderen Art anfertigen,

oder die sich ein Cabinet mehr zur unterhaltenden Beschauung, als zu Controle ihrer eigenen wissenschaftlichen Untersuchungen sowie zu eigentlichen strengen Belehrung anlegen wollen, desgleichen für Lehre an Real- und anderen Schulen, denen es noch an der nöthigen Fertigkei im Schneiden fehlt, mag sich das Mikrotom eignen, vorausgesetzt, das sein Preis der Anschaffung nicht entgegensteht.

Nach dieser Seite hin lässt sich namentlich das nach den Angabe von Prof. Welcker ausgeführte, vom Maschinenmeister J. Daudt und au der mechanichen Werkstätte von C. Staudinger in Giessen um den Pre von 3 bis 6 Thalern zu beziehende Mikrotom (Fig. 205) empfehlen, das übri

Fig. 205.



Prof. Welcker's Mikrotom.

gens in einzelnen Fällen auch bei wissenschaftlichen Untersuchungen rech gut Anwendung finden kann.

Aus diesen Gründen werde ich dasselbe hier mit des Erfinders eige nen Worten kurz beschreiben; wer sich weiter darüber zu unterrichte wünscht, den verweise ich auf das kleine Schriftchen von Prof. Welcke „Ueber die Aufbewahrung mikroskopischer Objecte etc.“ Giessen 1856.

„Ein tellerförmiges Stück *aa* von 12 Centim. Durchmesser ist an se ner unteren Fläche mit einem Zapfen *bb* von etwa 4 Centim. Durchmes ser unbeweglich verbunden. Beide Theile sind centrisch durchbohrt un es besitzt die Oeffnung derselben einen Durchmesser von $1^1/_2$ Centin Auf die obere Fläche des Tellers ist eine Glasplatte *c* festgekittet, dere Unterseite geschwärzt ist und deren Mitte eine dem Tellerloche ent sprechende Oeffnung besitzt. Die Glasplatte wird von dem oberen Rand *dd* des Tellers um 1 Centim. überragt. Eine Glasröhre *ef* von etwa geringerer Stärke, als die Oeffnung des Tellers, wird nun in den Zapfe

ngeführt und bis zur oberen Oeffnung des Tellers herangeschoben; das etreffende Stück der Glasröhre hat man vorher mit einem leinölgetränkn Papiere in der Art umwickelt, dass die Glasröhre hinreichend festtzt, doch aber, am unteren, aus dem Zapfen handbreit hervorragenden nde gefasst und umgedreht, in zartem Gange auf- und niedergeschoben erden kann. Das obere Ende *f* der Glasröhre dient zur Fassung des i durchschneidenden Gegenstandes, welcher je nach seiner Gestalt in nem durchbohrten oder aufgespaltenen Korke *g* seine Befestigung fin-t. Nachdem man dem Korke eine solche Stellung gegeben hat, dass er mmt dem Objecte etwa 1 Linie hoch aus der Glasröhre, und ein noch eringeres über die Oberfläche des Tellers hervorragt, wird das ganze Inrument innerhalb eines Loches, welches man in eine Tischplatte eingehnitten hat (oder in einer anderen passenden Weise) befestigt."

Zum Schneiden, welches je nach Bedürfniss unter Wasser geschehen ann, dient ein Messer mit planconcaver abschraubbarer Klinge. Nach ührung jedes Schnittes wird das Object durch eine drehende Bewegung er an ihrem unteren Ende gefassten Glasröhre um ein Minimum gehoen, und man hat es ganz in seiner Gewalt, Lamellen von verschiedener nd grosser Feinheit zu erzielen.

Das ganze in Gusseisen ausgeführte Instrument kostet bei dem oben enannten Verfertiger Daudt sammt Messer 3 Thaler 25 Sgr. Jede einelne Klinge 15 Sgr.

Zur mikrometrischen Verschiebung des Objectes wird das Welcker'he Mikrotom auf einen eisernen Dreifuss gesetzt und daselbst mittelst weier kleiner Reiber befestigt, oder es ist, wie bei dem Staudinger'hen Mikrotom, fest mit einem schweren Stative verbunden. Auf die litte des Dreifussbodens, genau unterhalb der Glasröhre, ist das Mutterewinde einer sich in senkrechter Richtung bewegenden Schraube eingehnitten, durch deren Umdrehung die Glasröhre nach Belieben aufärts gehoben wird. Ein Schraubenumgang hebt um 1 Mm., und der cheibenförmige Kopf *h* der Schraube ist an seinem Rande in 50 Abtheiingen getheilt, so dass mit Benutzung eines Index *i* Rückungen um $^1/_{50}$ Mm. mit Sicherheit, unter Benutzung halber Abtheilungen sogar ückungen um $^1/_{100}$ Mm. ausführbar sind.

Das Instrument besitzt in dieser Form mit seinem Dreifusse ein so berächtliches Gewicht, dass dasselbe ohne festgeschraubt zu werden bei dem ebrauche vollkommen ruhig steht. Es kostet bei dieser Ausrüstung 6 Thlr.

In der neuesten Zeit hat Prof. Phöbus aus Giessen auf ein in er Staudinger'schen Werkstätte daselbst erfundenes und angefertiges grösseres Mikrotom aufmerksam gemacht (Tageblatt der Naturforscherersammlung in Carlsbad 1862), welches bei Anfertigung von feinen Holzchnitten, Schnitten mürber Chinarinden u. dergl. ausgezeichnete Dienste eisten soll. Es steht der Verbreitung dieses Instrumentes indessen, wenn s sich auch sonst bewähren sollte, immer wieder sein hoher Preis

50 Gulden) im Wege, so dass es wohl kaum eine weitere Verbreitung erlangen dürfte.

Apparate zur Herstellung von Knochenschliffen u. dergl. Zur Präparation von harten Substanzen, wie von Knochen, Samenschalen u. dergl., bedarf man einer kleinen Uhrfedersäge, einiger feiner Feilen und mehrerer Schleifsteine.

Die erstere erhält man in jeder Werkzeughandlung unter dem Namen „Laubsäge". Sie besteht aus einem stählernen Bügel mit Griff, an welchen das Blatt mittelst beweglicher Stahlbacken festgeschraubt wird. Der Blätter, die um einen sehr mässigen Preis zu haben sind, kann man mehrere von verschiedener Feinheit vorräthig haben, obwohl man in den meisten Fällen mit den etwas gröberen am besten zum Ziele kommt. Um die Abnutzung der rauh gehämmerten Innenseiten der Stahlbacken zu verhindern, empfiehlt Reinicke, zwischen diese und das Sägeblatt ein Stückchen Kupferblech mit einzuschrauben. Solche Kupferplättchen kann man sich nöthigenfalls selber verfertigen, indem man eine kleine Kupfermünze auf einem Ambosse zu dünnem Blech schlägt und mit der Scheere passende Stückchen abschneidet.

Von den Feilen, die am besten flach sind, muss man mehrere besitzen, von denen jede einen verschieden feinen Hieb hat. Man kann dieselben indessen, wenn man im Besitze geeigneter Schleifsteine ist, ganz entbehren, da die meisten Substanzen bei gehöriger Handhabung das Schleifen noch besser oder mindestens ebenso gut ertragen, wie die Bearbeitung mittelst der Feile.

Als Schleifstein eignet sich für die erste Bearbeitung am besten ein drehbarer Stein, weil dadurch die Arbeit ausserordentlich gefördert wird. Ein solcher ist jetzt fast in jeder Stadt um billigen Preis in den Werkzeug- und Instrumentenhandlungen zu erstehen. Man wählt am zweckmässigsten einen solchen von etwa 6 Zoll Durchmesser und feinem, hartem Korne. Der Stein ruht in einem kleinen gusseisernen Troge, den man erforderlichen Falls an einen Tisch anschrauben kann. Man dreht ihn entweder mittelst der linken Hand an der daran befindlichen Kurbel oder bringt an der letzteren eine kleine Tretvorrichtung an, wenn man eben beide Hände frei zu haben wünscht.

Ausser diesem Steine gebraucht man noch einen harten Abziehstein, wozu sich am besten die sogenannten Arkansassteine eignen, welche neuerdings in den Handel gebracht worden sind. Ebenso geeignet sind auch Steine aus verkieselten Hölzern. Ich selbst habe mir hier einen solchen schleifen lassen und gebrauche denselben mit Vortheil. Die Abziehsteine, welche man zur Schärfung seiner Messer gebraucht, sollte man nie für diese Arbeiten benutzen, da man sie immer mehr oder weniger verdirbt; sie eignen sich dazu ausserdem auch schon deshalb schlecht, weil sie zu weich sind und zu viel Schmutz absetzen.

Präparirnadeln. Eines der für die feineren Präparationen wichtigsten Werkzeuge des Mikroskopikers bilden die Präparirnadeln. Man benutzt

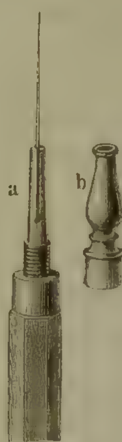
olche von verschiedener Form, die einen mit gerader, die anderen mit gebogener feiner Spitze, oder mit einer kleinen messerartigen Schneide (Fig. 206). Zu den ersteren lassen sich ganz gut feine englische Nähnadeln verwenden, welche man in einem Hefte befestigt. Die messerartigen muss man dagegen von dem Instrumentenmacher beziehen. Als Heft sind die gewöhnlichen Häkelnadelhalter ganz gut zu gebrauchen, bei denen die Nadel mittelst einer Schraube festgehalten wird. Bequemer jedoch, als diese, deren Schraube beim Arbeiten oftmals hinderlich werden kann, sind solche Nadelhalter, deren Stiele am Ende einen metallenen kreuzförmig gespaltenen Ansatz besitzen (Fig. 207 a), in dem die eingesteckten Nadeln mittelst einer übergeschraubten Kappe festgehalten werden (Fig. 207 b). Man kann sich derartige Halter auch leicht selber fertigen. Zu dem Ende lässt man sich von dem Drechsler aus Linden- oder Cedernholz runde, den Stahlfederhaltern ähnliche Stäbchen drehen und befestigt die Nadeln darin auf folgende Weise. Man treibt die Spitze der mittelst eines kleinen Handschraubstockes oder einer flachen Drahtzange festgehaltenen Nadel etwa 1/2 Zoll tief in das weiche Holz, bricht dann das Oesenende ab und schleift das Bruchende etwas zu. Hierauf zieht man die Nadel wieder aus dem Stäbchen und treibt sie mit dem dickeren Ende in das vorher durch die Spitze gemachte Loch, bis sie vollständig festsitzt. Das der Nadel zugewendete Ende des Stäbchens kann schliesslich nach Erforderniss mehr oder weniger zugeschnitten werden. Vor Allem hat man bei der Befestigung der Nadeln in dem Hefte darauf zu sehen, dass die Spitze nicht zu weit heraussteht, weil sie sonst zu leicht federt. Dieselbe muss stets frei von Rost und hinreichend scharf erhalten werden, was man auf dem Abziehsteine unter beständigem Umdrehen der Nadel leicht und vollkommen gut bewerkstelligen kann. Um dabei eine möglichst feine und reine Spitze zu erhalten, ist es zweckmässig, dieselbe während des Schleifens öfter unter der Lupe zu betrachten.

Fig. 206.



Präparirnadeln.

Fig. 207 a. b.



Nadelhalter.

Schraubstöcke. Ein kleiner Handschraubstock dient zweckmässig zum Festhalten solcher Gegenstände, die man mit der Hand nicht mehr leicht fassen kann, um davon zarte Durchschnitte zu gewinnen. Kleine, etwa injicirte Holzstückchen, nicht zu kleine harte Samen u. dergl. lassen sich damit recht gut festhalten. Dann eignet er sich auch zum Einklemmen solcher Objecte, welche zum Behufe der Anfertigung feiner Schnitte

zwischen Hollundermark- oder Korkplättchen gelegt werden müssen, wovon später das Ausführlichere.

Bei der Bearbeitung sehr harter Gegenstände leistet ausserdem ein grösserer Schraubstock, der an den Tisch festgeschraubt wird, vortreffliche Dienste.

Pinsel, Glasstäbe u. s. w. Einige feine und wohl gespitzte Haarpinsel dienen theils dazu, um die feinen Schnittchen von den Messerklingen aufzunehmen und an ihren Bestimmungsort zu bringen, theils finden sie bei der später zu besprechenden Auspinselung der Präparate Anwendung. Ferner bedarf man einiger stärkerer Pinsel zur Wegnahme überschüssiger Flüssigkeitsmengen.

Glasstäbe, die man sich am Ende rund zugeschmolzen hat, werden benutzt, um kleine Mengen von Wasser oder chemischen Reagentien auf die Objectträger zu übertragen. Ausserdem bedarf man noch einiger anderer Glasgeräthe und Porzellangefässe. Dahin gehören einige Glasglocken zum Abhalten des Staubes von fertigen Präparaten, eine Anzahl Uhrschälchen, theils um etwa darin fertige Schnitte unter Chlorcalcium, Glycerin, Alkohol u. s. w. aufzuheben, theils um solche Schnitte der Einwirkung gewisser chemischer Mittel zu unterwerfen. Einige Kochröhren dienen vorzugsweise zum Aussüssen mancher Präparate, zum Digeriren kleinerer Gegenstände in Wasser, Weingeist u. dergl., zum Kochen von Pflanzentheilen in den später genannten Reactions- und Macerationsmitteln. Kleine sogenannte mikrochemische Abdampfschalen, ebenso einige kleine Porzellantiegel lassen sich ebensowohl bei den chemischen Reactionen, als bei der Vorbereitung der Objecte, Maceration, Einäscherung u. dergl. verwenden, und eignen sich namentlich die ersteren hierzu oft weit besser als Uhrgläschen. Zwei bis drei grössere flache Porzellangefässe, am einfachsten weisse Untertassen, nehmen die einen das bei der Beobachtung nöthige Wasser, die anderen die schon benutzten Objectgläser und Deckgläschen auf, um sie feucht zu erhalten und später leichter und vollständiger reinigen zu können. Endlich bedarf man sehr häufig einer kleinen Spritzflasche, wie man deren in jedem chemischen Laboratorium hat.

Eine grössere Spirituslampe, am besten aus Glas, wird vorzüglich bei den mikrochemischen Arbeiten sowie bei der Maceration benutzt. Zwei kleinere wird derjenige gebrauchen, welcher den oben beschriebenen heizbaren Objecttisch benutzt.

Um die Uhrschälchen, Kochröhren, Abdampfschälchen und Tiegelchen aufzunehmen, in denen man Präparate der Einwirkung der Wärme aussetzen will, bedarf man zweier Halter, eines solchen für kleine Abdampfschalen mit rundem Ring und eines anderen zum Festhalten der Reagenzcylinder. Auch ein kleiner Dreifuss aus Messing mit Drahtnetz und mit verschieden weiten Ringen wird in dieser Beziehung gute Dienste leisten und ist namentlich zu manchen Zwecken fast unentbehrlich.

Luftpumpe. Zum Austreiben der Luft aus solchen Präparaten, wo oft kein anderes Mittel helfen will, ebenso zu der später zu besprechenden

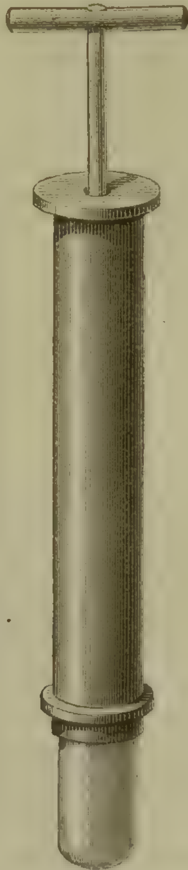
njection von Pflanzentheilen etc. leistet eine kleine Luftpumpe ausgezeichnete Dienste. Die gewöhnliche kleine Luftpumpe der Laboratorien ist dazu ausreichend. Wenn eine solche indessen nicht zu Gebote steht, oder wenn deren Verwendung zu unbequem ist, dann lässt man sich zweckmässig eine eigens zu mikroskopischen Zwecken dienende kleine Luftpumpe anfertigen, die um den Preis von 4 bis 6 Thlr. zu erstehen ist. Ich besitze eine solche in der von Schacht angewendeten Form (Fig. 208), und kann dieselbe aufs Wärmste empfehlen. Es ist dies eine Ventilluftpumpe mit etwa 6″ langem Stiefel, an dessen unteres Ende die glockenförmigen Recipienten angeschraubt werden, deren man einige von verschiedener Grösse besitzen muss. Einige Kolbenstösse sind in der Regel hinreichend, um die Luft aus einem Präparate, das im Wasser liegt, zu entfernen, so dass es in dem letzteren zu Boden sinkt. Zur Injection bedarf es gewöhnlich eines etwas länger andauernden Auspumpens.

Fig. 209.



Unger's Luftpumpe.

Fig. 208.



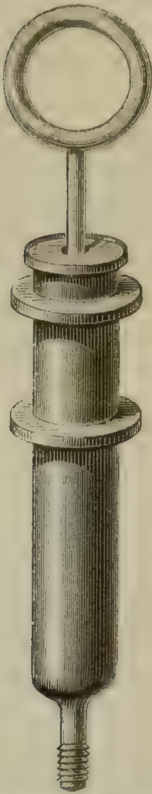
Luftpumpe nach Schacht

Einfacher und weniger kostspielig ist die von Unger in seiner Anatomie und Physiologie der Pflanzen empfohlene kleine Injectionspumpe (Fig. 209), die man sich mit wenig Mühe und um geringen Preis selber anfertigen kann, die indessen auch den genannten Zwecken nicht in so vollkommenem Maasse entspricht, wie das beschriebene Instrumentchen. Dieselbe besteht aus einer 10 bis 12″ langen, 10 bis 12‴ weiten, unten zugeschmolzenen Glasröhre, in der sich ein luftdicht schliessender, mit einem nach oben sich öffnenden Ventil versehener Kolben auf- und abbewegen lässt.

Injectionsspritze. In der thierischen Histiologie findet die In-

jectionsspritze (Fig. 210) eine nicht unbedeutende Anwendung. Wer sich vielfach mit dergleichen Injectionen thierischer Präparate befasst, muss davon mindestens zwei von verschiedenem Inhalt und mit einer nicht zu kleinen Anzahl verschieden weiter Canülen besitzen, da sich kleine Spritzen ebensowenig zur Injection grösserer Gefässe als eine grosse zur Ausfüllung der zartesten und feinsten Gefässe eignet. Man muss das Instrument in der Regel vom Instrumentenmacher beziehen, da zur Aushülfe oder zum Ersatz der eigentlichen Spritze bestimmte einfachere Apparate doch nur höchst selten ihrem Zwecke entsprechen. Ich beschränke mich daher hier auf dessen Erwähnung und Abbildung, ohne mich auf eine nähere Beschreibung seiner Einrichtung und Behandlung einzulassen, welche füglich in einem der folgenden Abschnitte ihren Platz finden kann.

Fig. 210.



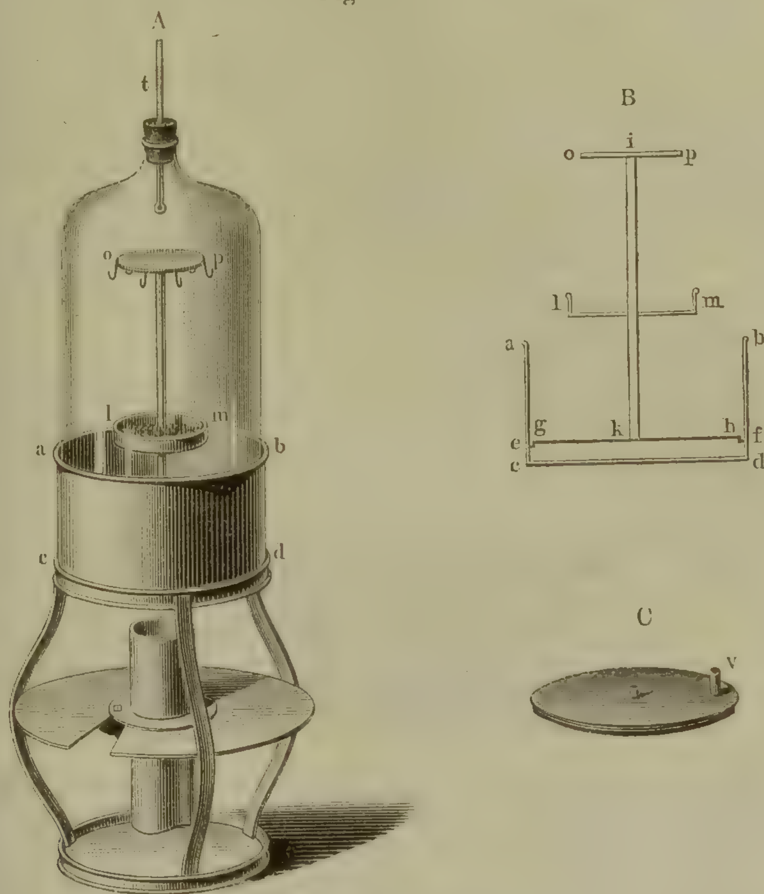
Injectionsspritze.

Trockenapparat. Einen weiteren, für den Zoohistiologen wünschenswerthen Apparat dürfte der von Harting (Mikroskop S. 383) empfohlene Trockenapparat bilden, der nicht allein den Staub von den zu trocknenden Objecten abhält, sondern auch die Regulirung der anzuwendenden Wärmegrade gestattet (Fig. 211). *abcd* ist ein runder, oben offener Behälter aus Eisenblech, der zwei Böden *cd* und *ef* besitzt, von denen der letztere blos auf einem Vorsprunge liegt und entfernt werden kann, und deren Zwischenraum mit Sand gefüllt wird. Auf dem oberen Boden liegt der runde Fuss *gh* (Fig. 211 B) auf, in dessen Mitte sich die Säule *ik* erhebt. An letzterer ist etwa im ersten Drittheil ihrer Höhe das runde Kästchen *lm* befestigt, welches mit Chlorcalcium gefüllt wird, und deren Spitze trägt die runde Scheibe *op*. Ein paar an dieser Scheibe angebrachte Häkchen dienen dazu, um die zu trocknenden Objecte mittelst Drähten aufzuhängen, während auf Glasplatten ausgebreitete Gegenstände einfach der Scheibe aufgelegt werden. Die auf dem oberen Boden *ef* ruhende Glasglocke, welche das Ganze nach oben bedeckt, nimmt in ihrem Halse das Thermometer *t* auf. Der untere aus Messing bestehende Boden ruht entweder auf einem fest damit verbundenen Fussstück oder wird auf einen Dreifuss befestigt. Als Wärmequelle dient eine Argand'sche Lampe oder noch besser eine kleine Erdöllampe, wie man sie jetzt häufig als Nachtlampe benutzt.

Objectträger. Die Objectträger, welche dem zur Beobachtung hergerichteten Gegenstande als Unterlage dienen, müssen aus möglichst reinem, blasenfreiem Glase bestehen. Sehr gut eignen sich zur Herstellung derselben Abfälle von Spiegelglas, welche man sich leicht um geringe Kosten in grosser Menge verschaffen kann. Das Glas darf jedoch nicht zu dünn

ein, weil es sonst leicht zerbrechlich ist; ebenso soll es aber auch nicht

Fig. 211.



Harting's Trockenapparat.

über 2 Mm. Dicke haben. Ob seine Farbe rein weiss ist, oder einen Stich ins Grüne, oder Blaugrüne hat, kommt nicht in Betracht.

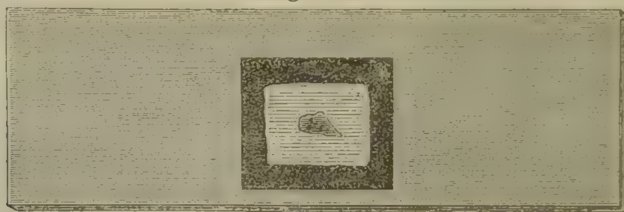
Zwei der wesentlichsten Eigenschaften der Objectträger machen Form und Grösse aus. Es kommen bei Bestimmung derselben mancherlei Gründe in Betracht, die sowohl für die unmittelbar bei der Beobachtung benutzten Gläschen, als bei denen, welche zur Aufbewahrung von Präparaten bestimmt sind, Geltung haben. Zunächst soll der Objectträger eine Grösse und Form haben, die es ermöglichen, nicht gar zu kleine Präparate darauf mit Bequemlichkeit unterbringen und mit einem passenden nicht zu kleinen Gläschen bedecken zu können; er muss ausserdem gestatten, alle diejenigen Operationen auf ihm ohne Beengung auszuführen, welche unter dem einfachen oder zusammengesetzten Mikroskope vorgenommen werden müssen, um entweder das Object vollständig zur Beobachtung vorzubereiten, oder um ihm im Laufe dieser möglichst viele Seiten abgewinnen zu können. Er darf aus diesen Gründen namentlich nicht zu schmal sein.

Zweitens ist darauf zu sehen, dass der Objectträger mit Leichtigkeit und Bequemlichkeit unter dem Mikroskope gehandhabt, namentlich ohne Beengung und ohne Gefahr des Ueberkippens auf dem Objecttische bewegt werden kann. In dieser Beziehung ist namentlich das Hervorragen über den Rand des nicht zu kleinen Objecttisches zu vermeiden, also für die Länge des Glastäfelchens ein entsprechendes Maass zu wählen.

Drittens ist eine möglichst geringe Zerbrechlichkeit und endlich eine solche Form erwünscht, welche den Objectträger bequem und gefällig in die Präparatensammlung einordnen lässt und dabei gestattet, neben dem Präparate die nothwendigen Bezeichnungen anzubringen. Das Verhältniss zwischen Länge und Breite wird durch die letzteren Erwägungen namentlich bestimmt.

Als unter allen Umständen unbequem und unzweckmässig sind die unverhältnissmässig langen und schmalen Objectträger (Fig. 212) zu erklären, wie sie früher angewendet wurden und wie sie noch gegenwärtig Bourgogne, die englischen Optiker, sowie Hartnack und Bénèche ausgeben.

Fig. 212.



Namentlich sind dieselben bei der eigentlichen Beobachtung fast gar nicht zu gebrauchen. Ich habe dieselben daher schon seit 12 Jahren verlassen und mich solcher von etwa 2″ Länge und $^5/_4$″ Breite bedient. Diese Form war aber auch noch ein wenig gross und habe ich mich später für Objectträger von 45 Mm. Länge und 30 Mm. Breite entschieden, eine Grösse, die, wenn ich nicht irre, auch von H. v. Mohl empfohlen worden ist, Fig. 213. Der Objectträger vereinigt bei dieser Grösse und Form alle Eigenschaften, welche man von ihm fordern kann, und werden sich nur wenige Präparate finden, zu deren Aufbewahrung er zu klein erschiene. Selbst in Betreff des Schönheitsgefühles muss ich dieser Form den Preis zuerkennen, und ist es mir kaum begreiflich, wie man aus Gründen der Eleganz Objectträger empfehlen kann, bei denen das Verhältniss der Breite zur Länge gleich 1 : 3 ist.

Fig. 213.



Das früher von dem Giessener Tauschverein vorgeschlagene Format von 37 Mm. Länge und 28 Mm. Breite war etwas zu klein, und hat derselbe, wenn ich nicht irre, in neuerer Zeit die Länge auf 48 Mm. ver-

grössert. Wenigstens besitzen die von Wetzlar aus ausgegebenen Objectträger diese Dimensionen, und werden solche von Vogel in seiner Preisliste so angegeben. Ich halte übrigens die etwas grössere Breite von 30 Mm. und die oben angegebene Länge noch für passender. Wer sich indessen mit dem genannten Vereine in Verkehr setzen will, der wird sich an das von ihm bestimmte Maass halten müssen. Objectträger von den beschriebenen Formen 48 zu 28 Mm. oder 45 zu 30 Mm. kann man um einen sehr billigen Preis, je 100 Stück zu 10 Silbergroschen (36 Kreuzer), vom Glasermeister H. Vogel in Giessen beziehen. Wünscht man dieselben mit abgestumpften Ecken, so erhöht sich der Preis um 3 Sgr. 4 Pf. (12 Kreuzer).

Für manche dickere Gegenstände, die man unter Wasser oder anderen Flüssigkeiten zu beobachten wünscht, eignen sich Objectträger mit concavem Ausschliff. Dieselben werden auf Verlangen von den Optikern geliefert, sind aber immer etwas theuer. Man kann sich ähnliche Objectträger selbst anfertigen, wenn man in der Mitte der gewöhnlich gebrauchten einen kreisförmigen Wall von irgend einem Lack, von Wachs oder Kitt anbringt.

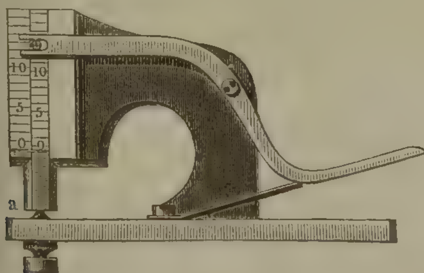
Die von einzelnen Mikrographen empfohlenen Glaströge etc. zum Präpariren mancher Gegenstände sind für die allermeisten Fälle ganz und gar entbehrlich, und bilden mehr einen Luxusapparat, als ein nothwendiges Hilfsmittel.

Deckgläser. Zum Bedecken der unter Wasser oder anderen Flüssigkeiten zu beobachtenden Objecte verwendet man kleine quadratische oder rechteckige Täfelchen aus dünnem, blasenfreiem und ebenem Glase, welche unter dem Namen Deckgläser um einen verhältnissmässig sehr geringen Preis von den Optikern oder auch aus anderen mechanischen Werkstätten bezogen werden können.

Es ist gut, wenn man Deckgläser von verschiedener Dicke vorräthig hat, um damit je nach Bedürfniss wechseln zu können. Für die schwächeren Objectivsysteme eignen sich solche von 0,5 bis 0,25 Mm., während man bei den stärkeren und stärksten oft zu noch dünneren von etwa 0,2 bis 0,1 Mm. greifen muss.

Für manche Objectivsysteme ist es erforderlich, die Dicke des Deckglases genau zu ermitteln, weil dieselben nur bei einer bestimmten Stärke desselben ein gutes Bild gewähren. Als sehr zweckmässig zu diesem Behufe kann ich das hierneben abgebildete von Zeiss in Jena erfundene und um den Preis von 3 Thlr. (nebst Etui) abzulassende Instrumentchen empfehlen, Fig. 214.

Fig. 214.



Man schiebt bei der Messung das Deckgläschen bei *a* ein, wodurch der

durch eine, mittelst Feder regulirte, Hebelvorrichtung verschiebbare Nonius um dessen Dicke gehoben wird. Das Maass liest man mit Hilfe seiner und der festen Scala ab, wobei es leicht ist, noch Bruchtheile des Zehntelmillimeters zu schätzen.

Was die Grösse der zu verwendenden Deckgläschen betrifft, so ist eine solche von 15 bis 18 Mm. Seite im Quadrat bei der Beobachtung entschieden einer kleineren vorzuziehen. Kleinere Gläschen von 10 bis 12 Mm. im Quadrat können dagegen oft recht gut bei der Aufbewahrung von Präparaten gebraucht werden, und es haben dieselben vor den grösseren sogar den Vorzug, dass der luftdichte Verschluss bei ihnen weit leichter gelingt, als bei jenen. Für stärkere Objectivsysteme mit breitem Rande und kurzem Focalabstand haben dieselben dagegen den Nachtheil, dass man, namentlich wenn das Präparat nicht ganz in der Mitte liegt, auf den Wall von Lack oder Firniss aufstösst und oft das Objectiv nicht in dem erforderlichen Maasse dem Gegenstande zu nähern vermag, so dass sich für zartere, stärkere Vergrösserungen verlangende Präparate unter allen Umständen die erstgenannte Grösse der Deckgläschen empfehlen dürfte.

Von dem Glasermeister Vogel in Giessen erhält man $^1/_{10}$ bis $^1/_{15}'''$ dicke Deckgläschen von 10, 12, 15 und 18 Mm. Seite im Quadrat je 50 Stück zu $3^1/_2$ bis 10 Sgr. Solche von rechteckiger Form sind etwas theurer und kosten die kleineren von 14 Mm. Länge und 9 Mm. Breite schon 4 Sgr. (12 Kreuzer), die grössten von 26 Mm. Länge und 21 Mm. Breite etwa 24 Sgr. (1 Fl. 24 Kreuzer) je 50 Stück.

IV. Zusatzflüssigkeiten und Reagentien.

1. Zusatzflüssigkeiten.

Unter Zusatzflüssigkeiten hat man alle jene Flüssigkeiten zu verstehen, welche bei der mikroskopischen Beobachtung selbst zur Einhüllung des Objectes dienen. Je nach den Zwecken, welche man zu erreichen beabsichtigt, wird die anzuwendende Zusatzflüssigkeit eine andere sein müssen, und muss eine bestimmte Entscheidung für eine solche von vorausgegangenen Versuchen oder von den genauesten Erwägungen über die Beschaffenheit des zu untersuchenden Gegenstandes abhängen. Am häufigsten finden wässerige Flüssigkeiten, fette und flüchtige Oele sowie flüssige Harze Verwendung.

Die bis jetzt am meisten in Gebrauch gewesene Zusatzflüssigkeit ist das Wasser. Es ist in dieser Beziehung von vielen Seiten vorgeschlagen worden, nur destillirtes Wasser zu verwenden. Häufig reicht man indessen auch mit einem reinen und klaren Bach- oder Brunnenwasser aus und in einzelnen Fällen ist dieses sogar dem destillirten Wasser vorzuziehen, weil es weniger verändernd auf die Objecte wirkt als ganz rei-

nes, säure- und salzefreies Wasser. Wo man nicht leicht grössere Mengen destillirten Wassers haben kann, da verschafft man sich dieselben leicht während des Winters. Sammelt man zu dieser Jahreszeit auf dem freien Felde Schnee, lässt diesen aufthauen, und filtrirt, so erhält man ein dem destillirten in Nichts nachstehendes Wasser, welches sich in gut und luftdicht schliessenden Flaschen lange Zeit aufheben lässt, ohne zu verderben. Im Sommer thut im Freien aufgefangenes und filtrirtes Regenwasser dieselben Dienste. Brunnenwasser, welches etwa zu reich an Kalksalzen sein sollte, kann man durch Abkochen verbessern.

Das Wasser ist indessen nicht für alle Fälle eine geeignete Zusatzflüssigkeit, indem es auf eine ganze Reihe zarterer pflanzlicher und namentlich thierischer Gewebe mehr oder minder starke Einwirkungen äussert. Von den meisten, aus härterem Gewebe und Gewebetheilen bestehenden Präparaten aus der Pflanzenhistiologie wird es indessen gut vertragen. Dasselbe gilt für eine kleinere Reihe von thierischen Geweben, auf welche später zurückzukommen ist.

Für zarte in der Entwicklung begriffene Pflanzengewebe habe ich nach meinen Erfahrungen bis jetzt höchst verdünnte Gummilösung, eben so Kochsalz-, Zucker- und Eiweisslösung vollkommen ausreichend gefunden. Die Untersuchungen in der thierischen Entwickelungsgeschichte und Gewebelehre erfordern dagegen, wie uns die neuesten Forschungen auf diesen Gebieten belehren, eine noch weit sorgfältigere Beachtung der jeweiligen Zusatzflüssigkeit. Hier müsste eigentlich der von Harting schon ausgesprochene Grundsatz in Anwendung kommen, dass man jedes Gewebe nur in einer solchen Zusatzflüssigkeit untersuchen solle, welche sowohl nach Art, als nach Menge ihrer Bestandtheile derjenigen gleichkomme, von welcher das lebende Gewebe umspült und durchtränkt wird. Allein die strenge Durchführung dieses Grundsatzes findet in der Ausübung gar mancherlei Hindernisse. Und so muss es sich denn der Mikroskopiker angelegen sein lassen, möglichst indifferente, d. h. die Gewebe und deren Bestandtheile möglichst wenig oder gar nicht verändernde Zusatzflüssigkeiten anzuwenden und für jeden einzelnen Fall eben diejenige herauszufinden, welche keine, oder doch nur eine geringe Einwirkung auf das Object übt. Man hat von solchen indifferenten Zusatzflüssigkeiten in neuester Zeit Glaskörperflüssigkeit, Blutserum, Fruchtwasser, ebenso Eiweisslösung, sowie höchst verdünnte 1- bis $1\frac{1}{2}$procentige Salz- und Zuckerlösungen empfohlen und verwendet, wobei dem Mikroskopiker in Bezug auf die Bewahrung solcher bekanntlich leicht verderbenden Flüssigkeiten der Umstand zu statten kommt, dass nach einer von Prof. Max Schultze mitgetheilten Erfahrung Landolt's thierische Flüssigkeiten leicht und lange Zeit hindurch vor Zersetzung bewahrt werden können, wenn man denselben ein Stückchen Kampfer zugibt, oder dieselben mit Jodtinktur oder einer Auflösung von Jod in Jodwasserstoffsäure versetzt. Als eine alle anderen der genannten übertreffende, der allgemeinsten Anwendung fähige Zusatzflüssigkeit ist von Prof. Max Schultze das

Fruchtwasser von jungen Wiederkäuer-Embryonen erkannt und empfohlen worden. Dasselbe lässt sich durch Zusatz von Jodtinktur, Jod in Substanz oder Jodwasserstoffsäure vor Fäulniss bewahren und selbst monatebis jahrelang aufbewahren. Um das richtige Maass des zuzusetzenden Jodpräparates zu treffen, dient als Anhaltspunkt entweder die Färbung oder der Geruch. Sobald die Flüssigkeit, von Schultze Jodserum genannt, die Farbe eines normalen Urines angenommen hat und der Geruch nach Jod sich geltend zu machen beginnt, ist von den Jodpräparaten die genügende Menge vorhanden.

In grösseren Städten hat man leicht Gelegenheit, zureichende Mengen von Fruchtwasser der Wiederkäuer zu erhalten; in kleineren Orten geht dies aber weniger an. Hier wird man sich meistens mit künstlich bereitetem Jodserum behelfen müssen. Beachtet man dabei genau die Mengen von Wasser, Eiweiss, Salzen u. s. w., welche an der Zusammensetzung des Fruchtwassers Theil nehmen, so lässt sich leicht eine geeignete Flüssigkeit herstellen und in derselben Weise vor Verderbniss bewahren, wie es eben angegeben wurde. Ich selbst habe mich mehrfach bei einzelnen, mit meinen Arbeiten über Zellstructur und Zellenbildung correspondirenden Untersuchungen aus der thierischen Histiologie solcher Mischungen bedient und war von der Brauchbarkeit vollständig befriedigt. Die von mir verwendete Mischung besteht je nach Umständen aus 1000 Gran destillirtem Wasser, 25 bis 100 Gran flüssigem Hühnereiweiss und 5 bis 10 Gran Kochsalz mit dem erforderlichen Zusatz von Jod.

Manche Gegenstände, welche unter Wasser oder unter einer der genannten wässerigen Flüssigkeiten beobachtet eine zu geringe Durchsichtigkeit besitzen würden, um ihre Structurverhältnisse mit hinreichender Klarheit erkennen zu lassen, umgibt man mit einem Mittel, welches das Licht stärker bricht, als jene. Je nach dem Grade der Aufhellung, den ein Präparat erfordert, wendet man entweder verschiedene Zusatzflüssigkeiten, oder, wo dies angeht, verschiedene Concentrationsgrade ein und derselben Zusatzflüssigkeit an.

Für Objecte, welche von Wasser mehr oder minder durchdrungen erscheinen, eignet sich als Zusatzflüssigkeit vor allen anderen das Glycerin, welches einen Brechungsexponenten von 1,475 besitzt, während jener des Wassers gleich 1,336 ist. Je nach Bedürfniss kann das Glycerin noch mit Wasser verdünnt werden, wodurch der Brechungsexponent im Verhältniss zu dem Mischungsverhältnisse herabgedrückt wird. So ist z. B. derjenige einer Mischung aus gleichen Theilen Glycerin und destillirtem Wasser gleich 1,40. Für trockene Gegenstände oder solche, welchen ohne Nachtheil ihr Wasser entzogen werden kann, verwendet man fette oder flüchtige Oele, oder auch Lösungen von Harzen, je nachdem das Object eine Zusatzflüssigkeit von grösserer oder geringerer Brechungskraft verlangt.

Von den flüchtigen Oelen sind es vorzugsweise das Terpentinöl, das Citronenöl und das Anisöl mit Brechungsexponenten von 1,476,

1,527 und 1,811, welche man bisher als Zusatzflüssigkeiten benutzt hat; in neuester Zeit ist als solche das Nelkenöl empfohlen, welches mit den aufhellenden Eigenschaften noch einige andere verbindet, die ihm eine ausgedehnte Anwendung für den Mikroskopiker sichern. Der Canadabalsam ist die einzige Harzlösung, welche man bis jetzt als Zusatzflüssigkeit benutzt hat; vielleicht dürfte sich aber für manche Fälle, da dessen Brechungsexponent nur 1,532 ist, ein stärker brechender Balsam, etwa der Tolubalsam mit dem Brechungsexponenten 1,628, empfehlen.

2. Reagentien.

Die mikrochemischen Reagentien, deren Zahl sich in der neuesten Zeit nicht unbedeutend vermehrt hat, dienen zu mancherlei Zwecken, und haben im Allgemeinen in der Praxis des Mikroskopikers einen verhältnissmässig viel weiteren Wirkungskreis als in dem Laboratorium des Chemikers. Zunächst dienen dieselben dazu, um über die chemische Beschaffenheit und Zusammensetzung einzelner Inhaltspartieen organischer sowohl als anorganischer Natur, sowie gewisser Gewebe und Gewebetheile Aufschluss zu geben, und nur soweit ist ihre Anwendung eine der im Laboratorium gepflogenen ähnliche. Dann aber werden sie auch vorzugsweise gebraucht, um ganze Gewebe in einen für die Beobachtung und die Präparation geeigneten Zustand zu bringen, um miteinander innig verbundene Elementarorgane durch ihre Einwirkung theils wirklich von einander zu trennen, theils für das beobachtende Auge insofern zu scheiden, als sie durch ihre verschiedenen Eingriffe in die physikalische und chemische Constitution derselben ein verschiedenes Verhalten gegen das Licht hervorrufen und dieselben gesondert hervortreten lassen. Man könnte insofern von chemischen Reagentien im engeren Sinne und sodann von präparativen und morphologischen Reagentien sprechen. In Bezug auf die letzteren sind in der neueren Zeit die Methoden am meisten ausgebildet und ist ihre Anwendung in Folge dessen eine sehr umfang- und erfolgreiche geworden. Eine strenge Scheidung in diese verschiedenen Gruppen lässt sich indessen nicht durchführen, indem ein und dasselbe Reagenz bald in der einen, bald in der anderen Weise wirkt, bald beide Einwirkungsweisen zugleich in sich vereinigt. Wir werden dieselben daher nach chemischer Reihenfolge betrachten.

Salzbildner.

Jod. Das Jod wird in Substanz hauptsächlich nur als Präservativ bei den oben erwähnten thierischen Zusatzflüssigkeiten benutzt. Da, wo man indessen seine allmälige Einwirkung auf gewisse Körper studiren will, wie z. B. bei Stärkemehluntersuchungen, kann man dasselbe auch in kleinen Splitterchen der Zusatzflüssigkeit, resp. dem Wasser beifügen, von welchem

das Object umgeben ist. Weit ausgedehnter ist seine Anwendung namentlich in der Pflanzenhistiologie in Form der alkoholischen oder wässerigen Lösung.

Die alkoholische Jodlösung, auch Jodtinktur genannt, bereitet man am besten von der Stärke, dass noch etwas Jod im Ueberschuss vorhanden ist. Dieselbe lässt sich dann leicht bis zu beliebigem Grade verdünnen, wobei immer etwas Jod ausgeschieden wird.

Die wässerige Jodlösung wird am besten als eine Composition von Jod und Jodkalium bereitet, weil sich ersteres in reinem Wasser nur in sehr geringer Menge (1 in 700 Theilen) löst. Man stellt dieselbe dar, indem man zuerst 3 Gran Jodkalium in einer Unze destillirten Wassers löst und dann dieser Lösung 1 Gran metallisches Jod zusetzt. Statt dieser Bereitungsweise ist auch eine vorgängige Lösung des Jodes in Glycerin und darauf folgender Wasserzusatz zu empfehlen, namentlich auch deshalb, weil die Jodglycerinlösung für sich z. B. bei Untersuchungen über Klebermehl u. s. w. mannigfacher Anwendung fähig ist.

Die verschiedenen Jodpräparate dienen sowohl zur Sichtbarmachung sehr durchsichtiger Elementarorgane, indem sie denselben eine mehr oder minder hohe gelbe bis gelbbraune Färbung ertheilen, als auch zum Nachweise verschiedener chemischer Verbindungen. Für Stärkemehl, dem das Jod eine blaue, violette, bis schwarzblaue Färbung ertheilt, ist es das beste Reagenz, das wir bis jetzt besitzen, und dürfte sich zu dessen Nachweis, wie Dr. Hartig hervorhebt, namentlich das Jodglycerin eignen, weil seine Einwirkung eine sehr allmälige ist. Reine Cellulose wird entweder durch Jod allein oder durch dieses in Verbindung mit verdünnter Schwefelsäure ebenfalls blau gefärbt. Als Reagenz auf Eiweisskörper hat das Jod viel an Bedeutung verloren, seitdem man bessere Reagentien für dieselben kennt. Die durch dasselbe hervorgerufene gelbe Färbung ist nämlich hier durchaus nicht völlig entscheidend, da es dieselbe auch anders constituirten Körpern ertheilt.

Chlorzinkjodlösung. Ein für den Pflanzenhistiologen sehr wichtiges Reagenz bildet das Jod in Verbindung mit Chlorzink als sogenannte Chlorzinkjodlösung. Diese Lösung wurde zuerst von Professor Schulze in Rostock als Reagenz auf Zellstoff empfohlen und wird nach dessen Vorschrift folgendermaassen bereitet. Man löst granulirtes reines Zink in Salzsäure auf und dampft die Lösung unter Berührung mit metallischem Zink bis zur Syrupsdicke ein. In dieser Flüssigkeit löst man Jodkalium bis zur Sättigung, setzt metallisches Jod zu und verdünnt erforderlichen Falles mit Wasser. Eine genauere Vorschrift hat Radlkofer gegeben. Dieselbe lautet: Eine bei gewöhnlicher Temperatur bereitete Auflösung von Zink in Salzsäure wird bei einer, den Siedepunkt des Wassers nicht übersteigenden Temperatur zu einem, mit vielem Wasser sich nicht trübenden Syrup von dem specifischen Gewichte 2,0 eingedampft und dieser hierauf bis zu einem specifischen Gewicht von 1,8 mit Wasser verdünnt, wozu auf 100 Theile der Chlorzinklösung 12 Theile Wasser erforderlich sind. In 100 Theilen dieser Flüssigkeit löst man bei gelinder Wärme

6 Theile Jodkalium und soviel Jod, als dieselbe aufzunehmen vermag. Die Chlorzinkjodlösung hat nun die Consistenz von concentrirter Schwefelsäure, ist vollkommen klar und besitzt eine hell gelbbraune Farbe. Zum Gebrauch kann man sich mehrere Verdünnungsstufen anfertigen, da die Wirkung eine nach dem Grade der Concentration verschiedene ist.

Mineralsäuren.

Unter den Mineralsäuren sind es vorzugsweise die Schwefelsäure, Salpetersäure, Salzsäure, Chromsäure und Osmiumsäure, welche bei den vegetabilischen und thierischen Gewebeuntersuchungen eine ausgedehntere Anwendung finden.

Schwefelsäure. Die Schwefelsäure wird sowohl concentrirt als in verschiedenen Verdünnungsgraden angewendet. Als concentrirte Schwefelsäure benutzt man das gereinigte erste Schwefelsäurehydrat der Officinen von 1,83 specifischem Gewicht. Dieselbe dient namentlich in der Pflanzenhistiologie bei den Untersuchungen des Pollens und der Sporen, sodann als Aufquellungsmittel der Zellstoffhüllen. In der thierischen Gewebelehre wird sie vorzugsweise als Isolationsmittel bei den Untersuchungen der hornigen Gewebe von Nutzen.

Von den verschiedenen Verdünnungsgraden finden die niedrigeren, d. h. die die grössten Säuremengen enthaltenden vorzugsweise in der Pflanzenhistiologie Anwendung, und zwar sowohl als Aufquellungsmittel für die Zellstoffhüllen wie auch in Verbindung mit Jod als Reagenz auf Zellstoff und in Verbindung mit Zuckerlösung zum Nachweis eiweisshaltiger Substanzen. Zu diesen Zwecken hält man sich am besten verschiedene Mischungen, und zwar von je 100 Theilen Säure auf 60 bis 20 Theile Wasser (Schacht empfiehlt im Allgemeinen 3 Theile Säure auf 1 Theil Wasser) bereit.

Die höheren und höchsten Verdünnungsgrade werden dagegen häufig bei Untersuchungen in der thierischen Gewebelehre benutzt. So z. B. dienen nach Max Schultze Verdünnungen von etwa 2 bis 10 Theilen Säure auf 500 Theile Wasser zur Aufhellung und Erhärtung der Bindegewebe, sowie der Stützsubstanzen in den Centralorganen des Nervensystems, der Netzgerüste der Lymphdrüsen u. s. w.

Salpetersäure. Die Salpetersäure wird sowohl als Reagenz wie als Macerationsmittel benutzt. Man kann für alle Fälle die gewöhnliche concentrirte Salpetersäure der Apotheken benutzen. Als Reagenz gebraucht man dieselbe entweder für sich allein oder in Verbindung mit Ammoniakflüssigkeit zum Nachweise von stickstoffhaltigen Substanzen der Pflanzen- und Thiergewebe, welchen sie eine gelbe Färbung ertheilt.

Für sich allein dient die Salpetersäure unter Erwärmen zum Ausziehen der sogenannten incrustirenden Substanzen der Zellstoffhüllen verholzter Pflanzenzellen, sowie zur Isolirung dieser letzteren, der Knochenkörperchen, der Zahnröhrchen, Bindegewebskörperchen u. s. w. Als

Macerationsmittel wird die Wirkung dieser Säure bedeutend gesteigert, wenn man ihr chlorsaures Kali zugibt. Dieses sogenannte Schulze'sche Macerationsgemisch wurde früher hauptsächlich in der Pflanzenhistiologie benutzt. In neuerer Zeit hat dasselbe indessen auch Eingang in die Thierhistiologie gefunden. So gebrauchte es z. B. Kühne als Mittel zur Isolirung der Muskelfäden, Heidenhain zur Maceration des hyalinen Knorpels.

In starker Verdünnung, 25 Theile Säure auf 100 Theile Wasser, wurde die Salpetersäure auch zum Studium der Elemente der glatten Muskeln und ebenso in höchster Verdünnung von 1 Theil Säure auf 1000 Theile Wasser zur Aufhellung quergestreifter Muskeln empfohlen.

Salzsäure. Die Salzsäure wird in ihrem concentrirten Zustande, der gewöhnlichen Salzsäure der Apotheken, sowohl in der Thier- als Pflanzenhistiologie als Reagenz auf stickstoffhaltige Substanzen benutzt, denen sie nach längerem Verweilen in ihr eine tief violette Färbung ertheilt. Neuester Zeit wurde dieselbe von Schacht zur Lösung der Stärkekörner und von Kabsch in Verbindung mit Aetzkali und concentrirter Schwefelsäure zur Isolirung der tertiären Verdickungsschicht verholzter Zellstoffhüllen von Laubhölzern benutzt, eine Methode, die jedenfalls einer genaueren Prüfung werth erscheint.

In der Zoohistiologie leistet die concentrirte Salzsäure sehr gute Dienste zur Isolirung der Bindegewebskörperchen und mit Wasser verdünnt zur Darstellung des Knorpelgerüstes der Knochen, indem sie die Knochenerde löst.

In sehr hochgradiger Verdünnung von 1 Theil Säure auf 200 bis 1000 und mehr Theile Wasser gewährt diese Säure eines der trefflichsten Reagentien zum Studium der Muskeln.

Chromsäure. Die Chromsäure, welche man in von Schwefelsäure möglichst freiem Zustande, rein auskrystallisirt und vollständig getrocknet in gut schliessenden Gefässen trocken aufbewahren muss, verdankt ihre Verwendung in der Gewebelehre theils ihren quellenden und macerirenden, theils ihren stickstoffhaltige Körper erhärtenden Eigenschaften.

Auf Pflanzengewebe wirkt sie in concentrirtem Zustande ähnlich wie das Schulze'sche Macerationsgemisch. Pollenhäute, sowie die Cuticularschichten und das Korkgewebe, sollen nach Pollender von derselben gelöst werden. In mässig verdünntem Zustande bietet sich in ihr ein ausgezeichnetes Mittel zur Auflockerung der Zellmembranen und der Stärkekörner, sowie zur Darstellung von deren Schichtung, welche in einer mit etwa 6 Theilen Wasser verdünnten Säure auf das prachtvollste hervortreten. Auf die Knochenerde wirkt die mässig verdünnte Chromsäure ähnlich wie die Salzsäure. Man verwendet sie daher auch bei Untersuchungen der Knochen- und Knorpelgewebe zum Entkalken der Knochen sowohl, als der verknöcherten Knorpel.

Als Erhärtungsmittel für thierische Gewebe wird die Chromsäure nur in bedeutender Verdünnung angewendet, indem man 1 Theil der Säure mit 50 bis 200 Theilen Wasser versetzt. Eine so verdünnte Säure

leistet zur Erhärtung des Rückenmarkes und des peripherischen Nervenapparates ganz Ausgezeichnetes und verdient hierfür dem Alkohol vorgezogen zu werden.

In sehr starker Verdünnung, 1 Theil Säure auf 2000 bis 5000 ja auf 10000 bis 15000 Theile Wasser, verwendet man die Chromsäurelösung zur Sichtbarmachung sehr zarter thierischer Structurverhältnisse, indem dieselbe unter Bewahrung der Textur der Gewebe etwas macerirend wirkt und so Elemente des feineren Baues, wie Otto Deiters angiebt, namentlich der Nervengewebe zur Anschauung bringt, welche sich an den frischen Präparaten vollständig der Beobachtung entziehen.

Osmiumsäure. Die Osmiumsäure, Ueberosmiumsäure der neueren Autoren, hat erst in der allerneuesten Zeit durch Prof. Max Schultze bei seinen schönen Untersuchungen über das Leuchtorgan von Lampyris splendidula mit Erfolg Anwendung in der Histiologie gefunden. Sie verdankt ihre Verwendbarkeit der Eigenschaft, dass leicht oxydirbare Stoffe den wässerigen Lösungen einen Theil ihres Sauerstoffes entziehen und eine niedrigere Oxydationsstufe des Metalles als schwarzen oder schwarzblauen Körper niederschlagen. Da nun verschiedene Gewebetheile sich in Beziehung auf die Reduction dieser Säure verschieden verhalten dürften, wie dies das von Schultze beschriebene Verhalten der Parenchym- und Röhrenzellen des Leuchtorganes zeigt, so dürfte sich in der Osmiumsäure ein geeignetes Mittel bieten, um gewisse Gewebetheile innerhalb anderer, welche sie mehr oder minder verdecken, leicht sichtbar zu machen.

Organische Säuren.

Oxalsäure. Die Oxalsäure ist in der neuesten Zeit von Prof. Max Schultze als Reagenz bei der Untersuchung von bindegewebartiger Structur empfohlen worden, da sie diese letztere aufquellen und durchsichtig macht, während die eiweisshaltigen Elementarorgane ihre scharfen Umrisse behalten. Man benutzt in der Regel eine gesättigte wässerige Lösung von 1 Theil reiner krystallinischer Säure auf 15 Theile Wasser. Eine etwas stärkere Wirkung äussert die weingeistige Lösung, welche daher für einzelne Fälle statt der ersten zu verwenden sein dürfte.

Essigsäure. Die Essigsäure ist eines der ältesten mikrochemischen Reagentien und wird sowohl in der Pflanzenhistiologie wie in der thierischen Gewebelehre benutzt. Man wendet sie in verschiedenen Concentrationsgraden an, als deren Grundlage die concentrirte Essigsäure oder der sogenannte Eisessig der Apotheken verwendet werden sollte.

Im concentrirten Zustande oder mit weniger Wasser, 3 bis 4 Theile auf 1 Theil Säure, verdünnt dient die Essigsäure zum Nachweis der Zellkerne, welche durch ihre Einwirkung viel deutlicher oder durch Zerstörung des Zellenkörpers isolirt werden und häufig da noch hervortreten, wo man sie vorher nicht erkennen konnte. Ebenso kann man mittelst derselben innerhalb des Bindegewebes vorkommende Elementarorgane, z. B. Zellen, elastische Fasern, Nerven und dergl., zur Anschauung bringen,

indem sie dem ersteren eine vollkommene Durchsichtigkeit ertheilt. Letzteren Erfolg erreicht man auch, und zwar indem keine beeinträchtigenden Störungen eintreten, weit vortheilhafter, wenn man eine sehr stark verdünnte Säure mehrere Tage lang einwirken lässt. Einige Tropfen der concentrirten Säure auf die Unze Wasser reichen hier schon aus, und sind die Aufhellungen, welche man bei einer solchen Verdünnung in den quergestreiften Muskeln erreicht, namentlich zum Studium der feinsten Verzweigungen der Nerven in denselben von der grössten Wichtigkeit. Hiermit ist aber der Kreis der Verwendungsweisen unseres Reagenzes noch lange nicht erschöpft und wird in den späteren Abschnitten sich noch mannigfache Gelegenheit finden, ausführlicher darauf zurückzukommen.

Als eigentliches so zu sagen analytisches mikrochemisches Reagenz wird die Essigsäure vorzugsweise zum Nachweise der kohlensauren Salze in den Geweben und Elementarorganen verwendet.

Alkalien.

Aetzkali. Die Aetzkalilösung geniesst einer sehr ausgebreiteten Verwendung bei histiologischen Untersuchungen. Wir haben in derselben zunächst ein vortreffliches Macerationsmittel und zwar sowohl für thierische, wie für vegetabilische Gewebe, indem sie die die einzelnen Gewebeelemente mit einander vereinigenden Kittsubstanzen löst, ohne die Gewebe selbst merklich anzugreifen. In der Pflanzenhistiologie ist das Kali namentlich überall da statt des Schulze'schen Macerationsgemisches zu empfehlen, wo dieses entweder auf zartere Elementarorgane zerstörend wirkt, oder wo es dieselben, wie manche Bastzellen u. s. w., brüchig macht. Hier thut das Aetzkali indessen seine Dienste in der Regel erst unter der Einwirkung der Wärme und macht ein kürzeres oder längeres Kochen der Gewebe in der Lösung nöthig, bei thierischen Geweben bringt es ähnliche Wirkungen schon bei gewöhnlicher Temperatur hervor, wobei dann Lösungen von 20 bis 40 Proc. angewendet werden. Im verdünnten Zustande ist das Aetzkali ein ausgezeichnetes Mittel, um geschichtete Zellstoffhüllen aufquellen und so die Schichtung deutlicher zu machen. Ferner dient es dazu, um manche Substanzen, welche der Zellstoffhülle eingelagert sind, zu lösen und wegzuführen, während es die erstere selbst nur erweicht. Seiner Einwirkung auf Stärkemehl, welches es stark aufquellen macht, sowie auf manche andere, die Pflanzengewebe dunkel machende Substanzen verdankt dasselbe seinen Gebrauch als aufhellendes Mittel.

Als analytisches Reagenz hat die Aetzkalilösung durch die Untersuchungen von J. Sachs über den Inhalt der Pflanzenzellen für die Pflanzenhistiologie eine hohe Bedeutung gewonnen, indem sie in Verbindung mit schwefelsaurem Kupferoxyd sowohl zum Nachweis von Eiweisssubstanzen als auch von verschiedenen Kohlenhydraten vorzügliche Dienste leistet, worauf wir im zweiten Theile ausführlicher zurückkommen werden.

Aetznatron. Das Aetznatron erleidet eine ähnliche Anwendung, wie das Aetzkali, dem es von manchen Histiologen seiner etwas bequemeren und reinlicheren Handhabung wegen vorgezogen wird. Ich muss indessen gestehen, dass ich der Natronlösung keine besonderen Vortheile vor der Kalilösung einräumen kann.

Ammoniak. Die Ammoniakflüssigkeit wirkt im Ganzen den beiden genannten Alkalien ähnlich, indessen weniger heftig. Ich ziehe dieselbe daher als aufhellendes Mittel für manche inhaltreiche Pflanzengewebe dem Aetzkali vor. Auch möchte ihr, wo es sich um die Abstumpfung von vorher angewandten Säuren handelt, vor dem letzteren der Vorrang gebühren.

In Verbindung mit Salpetersäure dient das Ammoniak zum Nachweis von Eiweisskörpern, indem es die durch jene bewirkte gelbe Färbung vermöge der Bildung von Xanthoproteinsäure bedeutend erhöht und somit leichter sichtbar macht.

Alkalische Erden.

Aus dieser Gruppe hat man in neuester Zeit das Kalk- und das Barytwasser für zoohistiologische Untersuchungen empfohlen und angewendet.

Das erstere wird namentlich als Macerationsmittel bei den Untersuchungen von Binde- und Sehnengeweben verwendet, wenn man langsamere, erst nach mehreren Tagen erfolgende Wirkungen erzielen will, während das letztere, weit stärker wirkende Mittel überall da gebraucht wird, wo man rascheren Erfolg neben stärkerer Quellung und bedeutenderer Aufhellung wünscht.

Salze.

Chlornatrium. Das Chlornatrium wird vorzugsweise in der Pflanzengewebelehre als sogenanntes morphologisches Reagenz verwendet, um die Zellhaut (Primordialschlauch) von der Zellstoffhülle zurückzuziehen und dieselbe so gewissermaassen innerhalb der Gewebe zu isoliren und zur Anschauung zu bringen. Es empfehlen sich hier unter allen Umständen verschieden concentrirte bis zu höchst verdünnten Lösungen.

Chlorsaures Kali. Das chlorsaure Kali bildet, wie wir oben gesehen haben, einen Bestandtheil des Schulze'schen Macerationsgemisches.

Chromsaures Kali. Das doppelt-chromsaure Kali leistet als Erhärtungsmittel ähnliche, und für manche thierische Gewebe wohl noch bessere Dienste, wie die Chromsäure. Da seine Wirkung indessen eine schwächere und langsamere ist, als diejenige des letztgenannten Reagenzes, so bedarf man auch bei einer Vertretung stärkerer Lösungen, um denselben Erfolg zu erzielen. Auf gleiche Theile Wassers kommt von dem

Salze in der Regel die 8- bis 16fache Menge der Säure. Als Mischung mit schwefelsaurem Natron ist das doppelt-chromsaure Kali von H. Müller in Würzburg empfohlen worden, um die Retina zu erhärten. Dieselbe besteht aus 2 bis $2^1/_2$ Gewichtstheilen doppelt-chromsauren Kalis und 1 Gewichtstheil schwefelsauren Natrons auf 100 Theile Wasser. In neuester Zeit hat Sanio das doppelt-chromsaure Kali als Reagenz auf Gerbstoff angewendet, welchen es dadurch kenntlich macht, dass es ihm eine dunkel rothbraune Färbung ertheilt.

Schwefelsaures Kupferoxyd. Das schwefelsaure Kupferoxyd dient als concentrirte Lösung in Verbindung mit Aetzkali, als analytisches Reagenz bei der Untersuchung des Inhaltes von vegetabilischen Geweben. Bei der Anwendung der Lösung, über deren Gebrauchsweise wir uns später in diesem und dem angewandten Theile näher verbreiten werden, ist immer aufs Genaueste die Vorsichtsmaassregel zu beachten, dass man das behandelte Präparat, ehe es der Einwirkung des Aetzkalis ausgesetzt wird, auf das Sorgfältigste in einer grossen Menge Wassers auswäscht, damit auch nicht eine Spur des Salzes mechanisch haften bleibt. Die sofortige Reduction von Kupferoxyd würde die Reactionserscheinungen im anderen Falle mindestens unsicher machen.

Kupferoxyd-Ammoniak. Das Kupferoxyd-Ammoniak wurde von Prof. Schweizer in Zürich als Lösungsmittel des Zellstoffes erkannt und dann von Prof. Cramer ebendaselbst als mikrochemisches Reagenz erprobt und empfohlen. Das gewöhnlich in den Apotheken vorräthige Product ist zu unseren Zwecken nicht zu verwenden, weshalb man sich das Reagenz entweder selbst darstellen oder nach Vorschrift darstellen lassen muss. Die von Schweizer hierzu gegebene Vorschrift lautet folgendermaassen: Unterschwefelsaures Kupferoxyd wird mit verdünnter Ammoniaklösung vorsichtig gefällt, der hellgrüne Niederschlag filtrirt und ausgewaschen, und hierauf noch feucht mit concentrirter Ammoniakflüssigkeit zusammengebracht, in welcher sich das basisch unterschwefelsaure Salz — der früher erhaltene Niederschlag — unter Wärmeentwickelung leicht auflöst. Nach dem Erkalten setzen sich Krystalle von unterschwefelsaurem Kupferoxyd-Ammoniak zu Boden, und die über demselben stehende, abzufiltrirende Flüssigkeit enthält nur Kupferoxyd-Ammoniak. Die erhaltene Lösung hebt man zweckmässig in schwarzem Glas oder in dunkelem Raume auf, weil sich dieselbe am Lichte leicht zersetzt.

Die genannte Verbindung bildet ein vorzügliches Reagenz zur Erkennung des reinen Zellstoffes. Wo derselbe mit anderen Substanzen verunreinigt, wie man sagt, verholzt ist, da bewirkt sie die Lösung erst nach vorhergehender Behandlung der betreffenden Organe mit Aetzkali oder dem Schulze'schen Macerationsgemisch. Da die Einwirkung in der Regel von einer nach und nach eintretenden Quellung der Zellstoffhülle ausgeht, und bei verholzten Zellen, wie beim Stärkemehl, nur diese allein auftritt, so bietet sich in dem Reagenz auch in dieser Beziehung ein vorzügliches Untersuchungsmittel, welches in mancher Beziehung den ähnlich wirken-

den früher schon genannten vorzuziehen ist. Nach den Erfahrungen von Schacht wirkt Nickeloxydammoniak auch auf reine Cellulose nur in der letzt erwähnten Weise.

Salpetersaures Quecksilberoxydul. Das salpetersaure Quecksilberoxydoxydul oder Millon'sche Salz ist in neuerer Zeit wiederholt (Hartig) als mikrochemisches Reagenz für pflanzenhistiologische Untersuchungen empfohlen worden. Zunächst gewährt es ein ausgezeichnetes Mittel, um ein Aufquellen der Zellstoffhüllen zu bewirken und sowohl die Schichtung als die spiralige Streifung dieser letzteren zur Anschauung zu bringen. Dann dient dasselbe auch zum Nachweise von Eiweisskörpern, und dürfte sich namentlich für einzelne Untersuchungen, z. B. des Klebermehles und der sogenannten Proteinkrystalle empfehlen. Man bereitet sich das Reagenz, indem man Quecksilber in gleichen Gewichtstheilen concentrirter rauchender Salpetersäure löst und hierauf mit gleichen Raumtheilen Wasser mengt, oder indem man 1 Gewichtstheil Quecksilber in 2 Gewichtstheilen einer, $4\frac{1}{2}$ Aequivalente Wasser enthaltenden Salpetersäure auflöst. Da das Salz nur dann in Lösung bleibt, wenn diese freie Säure enthält, so ist zum Schutze der Objectivsysteme bei seinem Gebrauch das Bedecken der Präparate mit grossen, 18 bis 20 Millimeter Seite haltenden Deckgläsern zu empfehlen.

Quecksilberchlorid. Das Quecksilberchlorid (Sublimat) wird nur in höchst verdünnten Lösungen angewendet. Eine solche von 1 Theil Sublimat auf 500 Theile Wasser eignet sich ausgezeichnet, um die feinen Protoplasmaströmchen mancher Pflanzenzellen zur Anschauung zu bringen, indem sowohl diese als die Zellkerne und das Wandprotoplasma durch ihre Einwirkung dunkler werden, ohne dass der übrige Zelleninhalt eine Störung erleidet. Wendet man stärkere Lösungen an, so wird die Zellhaut (der Primordialschlauch) von der Zellhülle zurückgezogen. In der thierischen Histiologie hat man das Reagenz verwendet, um den Achsencylinder der Nervenfasern zu isoliren und zu erhärten.

Salpetersaures Silberoxyd. Die Lösung von salpetersaurem Silberoxyd (Höllenstein), ist in neuerer Zeit namentlich auf Empfehlung von v. Recklingshausen, His u. A. vielfach als mikrochemisches Reagenz zu der sogenannten Silberimprägnation in Aufnahme gekommen. Sie verdankt diese Verwendung ähnlichen Eigenschaften wie die Osmiumsäure, indem bei mit dieser Lösung imprägnirten Gewebetheilen manche Bestandtheile derselben unter dem Einflusse des Lichtes aus ihr metallisches Silber in Körnerform niederschlagen, und so eine schwarze Färbung annehmen. Man hat Lösungen von verschiedener Stärke, von 1 Theil Höllenstein auf 400 bis 800 Theile Wasser und mehr concentrirte Lösungen empfohlen, um verschiedene Wirkungen zu erzielen. Ebenso hat man nach der Einwirkung des Silbersalzes noch Kochsalzlösung oder Salmiaklösung auf die imprägnirten Theile angewendet. Die Methode ist überhaupt noch in ihrer Ausbildung begriffen und dürfte erst nach weiter fortgesetzten Versuchen zu

bestimmten Normen der Anwendung führen. Den ausgedehntesten Gebrauch hat man von derselben bis jetzt bei Untersuchungen der Hornhaut gemacht und hat dieselbe namentlich für den Nachweis der Nervenverbreitung in derselben alles Mögliche geleistet.

Aethylverbindungen.

Aether. Der Aether (Aethyloxyd) dient vorzugsweise als Auflösungsmittel von Harzen, Fetten und ätherischen Oelen, welche in Pflanzenzellen vorkommen, ebenso zum Ausziehen der Fettsubstanzen und zur Auflösung des fetthaltigen Inhaltes der thierischen Gewebe.

Alkohol. Der Alkohol (Aethyloxydhydrat) ist einer ausgedehnten Verwendung fähig, und sowohl für den Pflanzen- wie für den Thierhistiologen ein sehr schätzbares Reagenz. Zunächst dient er bei der Untersuchung von vielen Pflanzengeweben zur Entfernung des Harzes, zur Auflösung flüchtiger Oele und mancher Farbstoffe. Dann wird er in sehr verdünntem Zustande ähnlich benutzt, wie die Kochsalzlösung, indem er durch Wasserentziehung eiweisshaltige Gebilde schrumpfen macht und so die Zellhaut sammt Inhalt von der Zellstoffhülle zurückzieht. Präparate, welche Luft enthalten, werden durch Einlegen in Alkohol bald von derselben befreit. Ebenso macht sich derselbe da nützlich, wo in Canadabalsam oder in anderen Harzen aufzubewahrende Präparate ihres Wassers beraubt werden sollen.

Bei den thierischen Gewebeuntersuchungen wird der Alkohol und zwar von verschiedenem Gehalte vorzugsweise als Erhärtungsmittel verwendet und für manche Objecte, z. B. für drüsige Organe, für Gewebetheile aus dem Verdauungscanale, für injicirte Organe der oben genannten Chromsäure vorgezogen. Auch für die Untersuchung saftiger Pflanzengewebe ist derselbe in dieser Beziehung nicht ohne Nutzen. Da der Alkohol aber die Eigenschaft besitzt, eiweissartige Substanzen durch Gerinnen zu verdunkeln, so war man in neuerer Zeit darauf bedacht, denselben mit solchen Substanzen zu vermischen, welche eine aufhellende Wirkung äussern. Auf diese Weise erhält man Flüssigkeiten, bei welchen die erhärtenden und aufhellenden Eigenschaften Hand in Hand gehen. Derartige Gemische sind zuerst von englischen Mikroskopikern empfohlen und dann auch von deutschen Forschern angewendet worden. Ein Gemisch von 3 Theilen Alkohol und 1 Theil Essigsäure wurde von L. Clarke empfohlen und ertheilt namentlich Rückenmarkspräparaten eine wundervolle Klarheit. Moleschott hat ein stärkeres Gemisch von 1 Raumtheil starker Essigsäure, 1 Raumtheil Alkohol und 2 Raumtheilen destillirtem Wasser, dann ein schwächeres von 1 Raumtheil Essigsäure, 25 Raumtheilen Alkohol und 50 Raumtheilen destillirtem Wasser zur Untersuchung von bindegewebartigen Geweben empfohlen. Für die Untersuchung von Epithelialgeweben soll man nach Beale dem Gemische aus Alkohol und Essigsäure noch Salpetersäure zu-

setzen. Eine derartige von Beale vorgeschlagene Mischung besteht aus 1 Unze Wasser, 1 Unze Glycerin, 2 Unzen Alkohol, 2 Drachmen Essigsäure und 1/2 Drachme Salpetersäure. Auch ein Zusatz von Aetznatronlauge und zwar etwa 8 bis 10 Tropfen auf die Unze Alkohol soll nach diesem Forscher neben rascher und starker Erhärtung zugleich eine bedeutende Aufhellung hervorbringen und eine solche Mischung namentlich bei Untersuchungen der Leber, fötaler Verknöcherungen und kalkiger pathologischer Niederschläge gute Dienste leisten.

Flüchtige Oele.

Die flüchtigen Oele werden sowohl in der Pflanzenhistiologie wie auch in der thierischen Gewebelehre zur Aufhellung dunkeler Gewebe benutzt, und kann man dieselben entweder schon kürzere oder längere Zeit vor der Untersuchung einwirken lassen, oder auch nur als Zusatzflüssigkeit zu vorher durch Alkohol ihres Wassers beraubten Präparaten gebrauchen. Namentlich scheint das Nelkenöl sich in dieser Beziehung sehr vortheilhaft zu bewähren, indem es Erhärtungs- und Aufhellungsvermögen in sich vereinigt. Der Anwendung des Nelkenöls kommt vorzugsweise auch der Umstand zu statten, dass es sich sowohl mit absolutem Alkohol, als mit Canadabalsam leicht und in jedem Verhältnisse mischt, wodurch man bei der Behandlung mit dem Einlegen der betreffenden Präparate mancher Zwischenarbeiten überhoben wird. Nach Prof. Rindfleisch, von dem dieses Reagenz zuerst empfohlen wurde, leistet es namentlich bei der Untersuchung des Körperparenchyms der Würmer ausgezeichnete Dienste.

Kohlenhydrate.

Von den Kohlenhydraten wird nur der Rohrzucker in Form des gewöhnlichen Syrupus simplex der Apotheken als Reagenz gebraucht. In der gebräuchlichen Form dient diese Lösung in Verbindung mit concentrirter oder wenig verdünnter Schwefelsäure zum Nachweise eiweisshaltiger Substanzen, denen er eine rosenrothe Färbung ertheilt. Verdünntere Lösungen, welche man je nach Bedürfniss abändern kann, werden in gleicher Weise als morphologisches Reagenz verwendet, wie es weiter oben von dem Chlornatrium, Alkohol u. s. w. geschildert wurde.

Collodium.

Das Collodium, eine Auflösung des Pyroxylins (Schiessbaumwolle) in Aether, wurde in neuester Zeit von Prof. Pflüger als morphologisches Reagenz zum Nachweise des Achsencylinders der Nervenfasern empfohlen. Auf weiteren Gebieten der Histiologie scheint es bis jetzt keine Anwendung gefunden zu haben.

3. Färbeflüssigkeiten.

Die in der Ueberschrift genannten Flüssigkeiten haben den Zweck, gewissen Theilen der Gewebe oder der Elementarorgane leicht sichtbare Färbungen zu ertheilen, um sie von anderen, mit ihnen vereinigt vorkommenden, sicherer unterscheiden zu können. Auf diese Weise wird die Erkenntniss verwickelter Structuren sowohl, als einzelner Inhaltspartieen wesentlich erleichtert, und es hat sich daher die Färbungsmethode als Hilfsmittel der mikroskopischen Untersuchung einen bedeutenden Ruf erworben und wohlverdiente vielfache Anwendung gefunden.

Es war Dr. Theodor Hartig, der schon vor vielen Jahren die Entdeckung machte, dass namentlich die Zellkerne, sowie die eiweissartigen Bestandtheile des Zelleninhaltes ein ansehnlich starkes Vermögen kundgeben, gelöste Farbstoffe aus ihrer Umgebung aufzunehmen und in ihrer Substanz aufzuspeichern. Vor mehr als zehn Jahren ist denn auch von ihm schon eine Lösung des carminsauren Ammoniaks zum Nachweis von Zellkernen, Protoplasmaströmchen u. s. w. angewendet worden und er hat uns in der Schrift: „Entwickelungsgeschichte des Pflanzenkeimes“ 1858 näher mit seiner Methode und mit der Darstellung der Carminlösung bekannt gemacht.

Erst viel später als Hartig hat Prof. Gerlach diese Methode der Färbung auch in die Zoohistiologie eingeführt. Ich weiss nicht, ob Gerlach mit den Hartig'schen Beobachtungen bekannt war, als er die Färbung mittelst Carminlösung auf thierische Gewebe anwendete, oder ob er selbständig darauf geführt wurde. Soviel steht indessen fest, dass die Priorität der Entdeckung des Farbeaufspeicherungsvermögens von Kerngebilden und Eiweisskörpern, sowie die erste Anregung zur Anwendung dieser Untersuchungsmethode dem oben genannten Forscher gebührt.

Man hat verschiedene Flüssigkeiten in Anwendung gebracht, welche entweder verschiedene Färbungen, oder auch nur bei Innehalten desselben Farbentones eine mehr oder minder leichte Erreichung des vorgesteckten Zieles bezwecken. Die Farbentöne, welche man bis jetzt angewendet hat, sind: Roth, Lila und Blau.

Rothe Färbeflüssigkeiten.

Carminsaures Ammoniak. Das carminsaure Ammoniak ist die bis jetzt am häufigsten angewendete rothe Flüssigkeit und scheint sich unter allen auch am besten zu bewähren.

Nach Hartig bereitet man sich dasselbe folgendermaassen: Käuflicher Carmin wird mit Wasser angerührt und dann tropfenweise Ammoniakflüssigkeit zugesetzt, bis vollständige Lösung erfolgt ist. Die Lösung wird darauf filtrirt und bei sehr gelinder Wärme bis zur Trockne abgedampft. Das so erhaltene Pulver kann man trocken aufbewahren. Es

löst sich in Wasser leicht auf und auch diese Lösung kann man Jahre lang aufbewahren, ohne dass sie dem Verderben ausgesetzt ist.

Eine andere Vorschrift zur Bereitung der rothen Färbeflüssigkeit rührt von Prof. Thiersch her, welcher dieselbe in dem Archiv von Max Schultze mitgetheilt hat, dem ich sie entnehme. Man löst 1 Theil Carmin in 1 Theile kaustischer Ammoniakflüssigkeit und 3 Theilen destillirten Wassers. Von dieser Lösung mischt man nun 1 Raumtheil mit 8 Raumtheilen einer Oxalsäurelösung, welche man aus 1 Theile Oxalsäure und 22 Theilen Wasser bereitet hat, fügt 12 Raumtheile absoluten Alkohol hinzu und filtrirt. Das Filtrat kann nach Belieben durch Zusatz von Oxalsäure dem Orangenrothen, durch Zusatz von Ammoniak dem Violetten genähert werden, und beide Nüancen dienen gleich gut zum Färben. Fallen beim Zusatz von Oxalsäure Krystalle von oxalsaurem Ammoniak aus, so kann man sie entweder abfiltriren oder mittelst ein paar Tropfen Ammoniaks lösen.

Diese Mischung soll schon im Verlauf weniger Minuten und sehr intensiv färben. Will man indessen langsam färben, so verdünnt man mittelst Weingeist von 70 bis 80⁰ und entfernt dann das etwa auskrystallisirende oxalsaure Ammoniak auf die angegebene Weise.

Anilin. Anilinlösungen hat man in neuerer Zeit ebenfalls als Färbemittel benutzt. Auf Pflanzenpräparate habe ich dieselbe bis jetzt nicht angewendet; Andere, welche sie versucht haben, gehen in ihren Urtheilen ziemlich weit aus einander, indem einzelne deren Gebrauch empfehlen, einzelne ihn widerrathen. Für Färbung thierischer Gewebe ist dieselbe neuerdings sehr empfohlen worden und verwendet man hier eine nach der Vorschrift von Prof. Frey bereitete Lösung aus 1 Centigramm krystallisirtem Fuchsin, 20 bis 25 Tropfen absolutem Alkohol und 15 Cubikcentimetern destillirtem Wasser. Diese schön rothe, mässig intensive Lösung soll sehr schnell und in schonendster Weise zarte thierische Gewebe färben und sich selbst für die zartesten Organisationen eignen, wenn man sie mit etwas Wasser verdünnt. Als Gewebetheile, für welche diese Flüssigkeit besonders verwendbar sein soll, werden genannt: Epithelien, Glashäute, Linsen, Glaskörper, Ganglienzellen, Drüsenzellen und Nervenfasern, deren Achsencylinder dabei aufs deutlichste hervortritt.

Lilafarbige Flüssigkeit.

Diese Flüssigkeit, gleichfalls eine Carmintinktur, ist ebenfalls von Prof. Thiersch namentlich für die Färbung von durch Chromsäure entkalkten Knochen und für Knorpel empfohlen worden. Es werden zu ihrer Darstellung 4 Theile Borax in 56 Theilen destillirtem Wasser gelöst, dieser Lösung 1 Theil Carmin zugefügt, hierauf 1 Raumtheil derselben mit 2 Raumtheilen absolutem Alkohol vermischt und filtrirt. Diese Flüssigkeit färbt langsamer als die rothe, und bedient man sich zum Ausziehen überschüssigen Farbstoffes der Oxalsäure oder der Borsäure in Weingeist gelöst.

Blaue Flüssigkeiten.

Zur blauen Färbung verwendet man entweder eine Lösung von Indigcarmin oder von Anilin.

Indigcarmin. Diese Lösung bereitet man nach der Vorschrift von Thiersch, indem man in einer Oxalsäurelösung von 1 Theil Säure auf 22 bis 30 Theile Wasser käuflich indigoschwefelsaures Kali bis zur Sättigung löst und die erhaltene Flüssigkeit nach Belieben mit Weingeist verdünnt. Concentrirt färbt diese Flüssigkeit ähnlich wie die Thiersch'sche Carminlösung, sehr schnell und intensiv. Ueberschüssigen Farbstoff zieht man mittelst weingeistiger Oxalsäurelösung aus.

Blaues Anilin. Die Anilinlösung wird nach Frey erhalten, indem man käufliches lösliches Anilinblau so lange mit Wasser versetzt, bis man eine tiefe Kobaltfarbe erhält. Statt dessen kann man auch 2 Centigramme lösliches Anilinblau in 25 Cubikcentimetern destillirtem Wasser lösen und dann 20 bis 25 Tropfen Alkohol zusetzen. Diese Flüssigkeit soll sehr rasch und intensiv färben, und die Farbe sich sowohl in Wasser wie in Alkohol und Glycerin erhalten. Als Gewebetheile, für welche sich die Anilinlösung vorzugsweise eignet, werden von Frey Lymphdrüsen, Milz und Darmwandungen, namentlich aber Gehirn- und Rückenmarkspräparate genannt.

Eine Reihe anderer chemischer Präparate, welche zur Aufbewahrung von mikroskopischen Objecten Anwendung finden, dürfen wir hier, wo es sich um die Hilfsmittel der mikroskopischen Beobachtung im engeren Sinne handelt, übergehen. Dieselben werden in dem betreffenden Abschnitte eine nähere Besprechung erfahren.

4. Injectionsmassen.

Die Injectionsmassen bestehen im Wesentlichen aus einer warm oder kalt anzuwendenden Flüssigkeit, der eine färbende Substanz beigemengt ist.

Verwendet man in der Wärme flüssige, beim Erkalten erstarrende Massen, so darf dieses Erstarren nur soweit gehen, dass es zwar die bequeme und saubere Führung von Schnitten gestattet, ohne aus den injicirten Hohlräumen hervorzuquellen, nicht aber dem Messer ein zu bedeutendes Hinderniss in den Weg gelegt wird.

Eine brauchbare Injectionsmasse muss einen solchen Grad der Flüssigkeit besitzen, dass sie in die feinsten Haargefässe einzudringen vermag, ohne durch deren Wandungen zu diffundiren. Ihre Färbung muss eine durch die ganze Masse gleichmässige, und der Farbstoff so fein vertheilt

sein, dass er nicht körnig oder klumpig erscheint, sondern eine zusammenhängende gleichförmige Masse bildet; ferner muss der Farbenton so entschieden hervortreten, dass die feinsten Gefässverzweigungen, bei auffallendem sowohl als bei durchgehendem Lichte scharf und bestimmt vor ihrer Umgebung hervortreten.

Man hat zu warmen Injectionsmassen manche, bei höherer Temperatur flüssige, bei gewöhnlicher Temperatur erstarrende fette Körper, wie Wachs, Stearin, Cacaobutter, dann Harze, Terpentinfirniss u. dergl. empfohlen, von denen sich aber — ausgenommen zur Herstellung trockener, für schwache Vergrösserungen bestimmter Präparate — keine als vollkommen dem Zweck entsprechend bewährt hat. Eine Auflösung von Gelatine oder möglichst reinem, farblosem kölnischem Leim scheint, soweit mir bekannt geworden, namentlich für feinere thierische Präparate den besten Erfolg zu gewähren.

Eine derartige Lösung bereitet man sich auf folgende Weise: Die zerkleinerten Täfelchen der Gelatine oder des Leimes werden erst einige Stunden in Wasser eingeweicht und dann, nachdem das erste Wasser abgegossen ist, in etwa der vier- bis zehnfachen Menge erneuten Wassers bei einer Temperatur von 50 bis 55° C. über dem Wasserbade gelöst. Die Gelatinelösung kann man dann in noch warmem und flüssigem Zustande unmittelbar mit dem betreffenden Farbstoffe verbinden, eine Lösung aus Leim dagegen muss vorher durch ein Tuch filtrirt werden, um sie von etwa darin vorkommenden, verunreinigenden Substanzen zu befreien.

Bei der Anwendung wird die Masse immer wieder über dem Wasserbade bei der oben erwähnten Temperatur erwärmt und flüssig gemacht. Dieselbe hält sich indessen nur kurze Zeit, ohne Veränderungen zu erleiden, und man thut daher gut, sich nur eine so grosse Menge zu bereiten, als man gerade bedarf.

Von den kalt anzuwendenden Injectionsmassen, welche insofern einen Vortheil gewähren, als sie jeden Augenblick zum Gebrauche zur Hand sein können und nicht immer wieder aufs Neue angefertigt werden müssen, welche aber durchaus nicht überall die warm anzuwendenden, erstarrenden zu ersetzen im Stande sind, scheint die von Beale empfohlene die weiteste Verbreitung gefunden zu haben. Dieselbe besteht aus einem Gemische von Wasser, Glycerin und Alkohol, in welchem die einzelnen Bestandtheile, je nach den damit verbundenen Färbemitteln, in wechselnden Verhältnissen auftreten. Nächstdem, dass sich diese Mischung, ohne irgend eine Veränderung oder Zersetzung zu erleiden, lange Zeit hindurch hält, bietet sie auch den Vortheil, dass sie mit äusserster Leichtigkeit in die zu injicirenden Hohlräume eindringt und die Gewebe in keinerlei Weise angreift.

Die Färbemittel für jegliche Art der Injectionsflüssigkeiten müssen derart beschaffen sein, dass sie weder durch die Einwirkung des Lichtes, noch durch diejenige des Inhaltes der betreffenden Gewebetheile, noch

durch die Flüssigkeit, in welcher das Präparat aufbewahrt wird, irgend eine Veränderung erleiden, noch sich leicht lösen, weil sie sonst durch die durchdringbaren Gefässwände austreten und das Präparat verderben würden. Aus diesem Grunde wählt man dazu am besten metallische Farben, welche in der Flüssigkeit suspendirt bleiben. Je nachdem diese in einem mehr grobkörnigen, oder in einem höchst fein vertheilten Zustande erhalten werden können, bilden sie die sogenannten opaken, nur für die Beobachtung bei auffallendem Licht brauchbaren, oder die transparenten für durchgehendes Licht anwendbaren Färbemittel. Von den unorganischen Farbstoffen sind es vorzugsweise der feinst vertheilte Zinnober, das chromsaure und kohlensaure Bleioxyd, welche für opake, dann das frisch gefällte, höchst fein vertheilte Berlinerblau, welche für transparente Mischungen verwendet werden. Von den organischen Farbstoffen hat einzig und allein der Carmin als transparentes Färbemittel Anwendung gefunden.

Ich lasse nunmehr die verschiedenen Injectionsmassen nach ihren Farben folgen, und werde, soweit erforderlich, ihre Verwendungsweisen andeuten.

Rothe Injectionsmassen.

Zinnobermasse. Unter den rothen Massen ist die mittelst Zinnober gefärbte für solche Präparate, welche bei auffallendem Lichte beobachtet werden sollen, die geeignetste, indem derselbe der Mischung erstlich eine sehr intensive Farbe ertheilt und dann sich sehr gleichmässig in der Flüssigkeit verbreitet. Hauptsache ist dabei, dass der Stoff die erforderliche Feinheit besitzt, so dass sich selbst unter mittelstarken Vergrösserungen keine Körner von erheblicher Grösse wahrnehmen lassen. Da indessen der käufliche Zinnober in der Regel diese Eigenschaft nicht besitzt, so muss man sich denselben eigenhändig zubereiten. Man reibt ihn zu dem Ende mit etwas Wasser in einem Achat- oder Stahlmörser fein ab, und schlämmt dann so lange, bis man eine Masse von der gewünschten Feinheit erlangt hat. Ein Theil des so dargestellten Zinnobers auf 8 Theile einer concentrirten Gelatine- oder Leimlösung soll nach Harting ein passendes Verhältniss für eine brauchbare Injectionsmasse bilden.

Der Zusatz der Farbe zu der Lösung muss nach und nach unter beständigem Umrühren geschehen, und es darf die Masse als gelungen betrachtet werden, wenn sie ein gleichförmiges, zusammenhängendes, schönes Roth zeigt.

Carminmasse. Für eine transparente rothe Injectionsmasse ist der Carmin vorzüglich geeignet, er kann indessen auch statt des Zinnobers verwendet werden, da er eine gleich hohe Färbungskraft, und vor diesem ausserdem noch das voraus hat, dass er ein weit geringeres specifisches Gewicht besitzt und sich deshalb nicht so leicht zu Boden setzt. Man verwendet ihn entweder in Pulverform oder in Lösung. Als höchst fein zertheiltes Pul-

ver wird der Carmin nach der oben, S. 283, mitgetheilten Vorschrift erhalten und dann mit etwas wenigem Wasser vermischt einer concentrirten Leimlösung zugesetzt. In Form von Lösung wurde derselbe von Prof. Gerlach zuerst angewendet und empfohlen. Nach der von diesem Forscher gegebenen Vorschrift verfährt man bei der Bereitung der Injectionsmasse folgendermaassen: Man löst 10 Gewichtstheile feinen Carmins in 8 Gewichtstheilen Wasser und 1 Gewichtstheile Aetzammoniak auf und lässt diese Lösung mehrere Tage offen an der Luft stehen, damit sich das überschüssige, nachtheilig auf die Gelatine wirkende Ammoniak verflüchtigt. Hierauf verbindet man den Farbstoff mit einer Lösung von 6 Gewichtstheilen Gelatine in 8 Gewichtstheilen Wasser und setzt einige Tropfen Essigsäure zu.

Gelbe Injectionsmasse.

Harting's Masse. — Diese gelbe Injectionsmasse wird mittelst chromsauren Bleioxyds hergestellt und nach der von Harting gegebenen ganz genau einzuhaltenden Vorschrift in folgender Weise bereitet: 4 Unzen $1^1/_2$ Drachmen Bleizucker werden in soviel Wasser gelöst, dass das Ganze dem Volumen von 16 Unzen entspricht; dann löst man 2 Unzen 1 Drachme und 28 Gran rothes chromsaures Kali in Wasser, dass die Lösung das Volumen von 32 Unzen erreicht. Diese beiden Lösungen mischt man hierauf, und zwar je 1 Raumtheil der ersteren mit 2 Raumtheilen der anderen, in einem Becherglase, rührt die Mischung einige Augenblicke stark um und verbindet sie nun erst mit 2 Raumtheilen einer concentrirten Leim- oder Gelatinelösung.

Die auf solche Weise gewonnene Injectionsmasse, welche übrigens zu den sogenannten opaken gehört, soll sich vor allen anderen dadurch auszeichnen, dass sie leicht in die feinsten Gefässverzweigungen dringt und neben einer lebhaften Färbung einen sehr gleichmässigen Zusammenhang besitzt. Sie wird daher da, wo man nur von einer einfachen Injection Anwendung zu machen hat, von manchen Mikroskopikern den übrigen opaken Massen vorgezogen.

Blaue Injectionsmassen.

Zur Darstellung der blauen, transparenten Injectionsmassen verwendet man nur das Berlinerblau. Es existiren verschiedene Vorschriften, von denen ich hier indessen nur drei näher berücksichtige, weil man dieselben hinreichend finden dürfte, um ein Präparat zu gewinnen, das geeignet ist, allen Ansprüchen an eine gute Masse zu genügen.

Harting's Masse. — Nach Harting bereitet man sich ein höchst fein in der Leimlösung vertheiltes Berlinerblau in folgender Weise: $3^1/_2$ Unzen schwefelsaures Eisenoxydul werden in 20 bis 25 Unzen Wasser gelöst und, bei mässiger Wärme, unter Zusatz von $4^3/_4$ Drachmen

Schwefelsäure von 1,85 specif. Gewicht und der erforderlichen Menge Salpetersäure in das Oxydsalz umgewandelt; dann setzt man noch so viel Wasser zu, dass das Ganze das Volumen von 40 Unzen erreicht. Hierauf löst man 3 Unzen $6^3/_4$ Drachmen gelbes Blutlaugensalz in soviel Wasser, dass die Lösung dem Volumen von 80 Unzen Wasser gleichkommt. Endlich werden 2 Raumtheile der zuletzt bereiteten Lösung mit gleichen Raumtheilen einer concentrirten Leimlösung vermischt und unter beständigem Umrühren 1 Raumtheil der Eisenoxydlösung tropfenweise eingetragen.

Diese höchst feinkörnige und leicht eindringende Injectionsmasse hat nur den einen Nachtheil, dass sie sich in Folge von dem Natrongehalte des Blutes etwas entfärbt. Um diesen Uebelstand zu vermeiden, setzt man derselben soviel Weinsteinsäure zu, als gerade hinreicht, um den Natrongehalt des Blutes zu sättigen.

W. Müller's Masse. — Als sehr ausgezeichnet wird in dem Archiv von Max Schultze von Prof. W. Müller eine Injectionsmasse empfohlen, welche aus der Auflösung von 1 Theile Leim in 8 Theilen einer nicht zu concentrirten Lösung des sogenannten löslichen Berlinerblaues besteht. Das letztere bereitet man sich leicht selbst auf folgende Weise: Eine Auflösung von gelbem Blutlaugensalze wird mit einer Eisenoxydsalzlösung in der Weise gefällt, dass in der Flüssigkeit ein Theil des Blutlaugensalzes unzersetzt bleibt. Der Niederschlag von Berlinerblau wird hierauf auf dem Filter so lange ausgewaschen, bis das Waschwasser eine hochblaue Färbung annimmt. Alsdann ist das Berlinerblau in seine lösliche Modification übergetreten und behält getrocknet seine Auflöslichkeit in Wasser bei.

Beale's Berlinerblau. — Das sogenannte Beale'sche Berlinerblau wird aus gelbem Blutlaugensalze und Eisenchlorid bereitet. Man löst zu dem Ende 15 Gran des ersteren Salzes in 1 Unze Wasser und verdünnt hierauf $^1/_2$ Drachme bis 2 Skrupel der Eisenchloridtinktur der englischen Pharmacopoe mit einer zweiten Unze Wasser. Die Lösung des Blutlaugensalzes vermischt man zuerst mit der Leimlösung, setzt diesem Gemisch die Eisenchloridlösung unter beständigem Umrühren tropfenweise zu und filtrirt schliesslich durch ein Tuch.

Weisse Injectionsmasse.

Eine brauchbare weisse Injectionsmasse ist schwer zu erhalten, trotzdem dass es eine Menge weisser Niederschläge gibt, welche aber alle dieselbe Eigenschaft theilen, dass sie viel zu grobkörnig sind, um irgend brauchbare Präparate zu liefern.

Harting's Masse. — Als eine der besten, die indessen immer nur eine ziemlich beschränkte Anwendung gestatten dürfte, hat Harting das kohlensaure Bleioxyd empfohlen. Man bereitet sich eine hiermit gefärbte Injectionsmasse nach diesem Forscher auf folgende Weise: 4 Unzen $1^1/_2$ Drachmen essigsaures Bleioxyd, dann 3 Unzen $1^1/_3$ Drachmen koh-

lensaures Natron werden jedes für sich in soviel Wasser gelöst, dass jede Lösung das Volumen von 16 Unzen erreicht. Hierauf vermischt man je einen Raumtheil der beiden Lösungen mit 2 Raumtheilen einer concentrirten Leimlösung.

Frey's Masse. — Frey empfiehlt neben dieser Masse den schwefelsauren Baryt, der sich durch feines Korn und leichtes Eindringen auszeichne, aber der reinen Farbe ermangele. Das Salz wird aus einer gesättigten Lösung von 4 Unzen Chlorbaryum durch sorgsamen Zusatz von Schwefelsäure ausgefällt, mit einem Theile des überstehenden Wassers zu einem dicken Breie angerührt und mit gleichen Raumtheilen concentrirter Leimlösung verbunden.

Kalte Injectionsmassen.

Zu den kalten Injectionsmassen verwendet man das Seite 287 erwähnte Gemisch aus Wasser, Glycerin und Alkohol, in Verbindung mit Berlinerblau oder Carmin.

Nimmt man das oben beschriebene Beale'sche Berlinerblau, bereitet dann ein Gemisch aus 2 Unzen Wasser, 1 Unze Glycerin, 1 Unze Alkohol und $1^1/_2$ Drachmen Methylalkohol und setzt dieses der blauen Farbe vorsichtig und unter stetem Schütteln des Mischungsgefässes zu, so erhält man eine vortreffliche blaue Masse.

In weit einfacherer Weise stellt Prof. W. Müller eine von ihm sehr gerühmte kalte blaue Injectionsmasse durch Fällung des löslichen Berlinerblaues mittelst eines Alkohols von 90 Procent dar.

Eine kalte Carminmasse wird erhalten, wenn man aus einer Lösung des carminsauren Ammoniaks, welche nach der Hartig'schen Vorschrift bereitet wurde, mittelst sehr stark verdünnter Salzsäure (25 bis 30 Tropfen auf 1 Unze Wasser) den Carmin ausfällt und mit zwei Unzen Glycerin und $^1/_2$ Unze Alkohol verbindet.

Ausser den genannten sind in den letzten Jahren noch mancherlei andere Injectionsmassen empfohlen worden, welche sich theils in den betreffenden Specialwerken, theils in neueren Schriften über das Mikroskop verzeichnet finden. Ich glaube mich indessen um so eher auf die beschriebenen beschränken zu dürfen, als dieselben allgemein erprobt sind und wohl für alle Fälle ausreichen mögen, während jene entweder nicht Probe gehalten haben, oder doch keine, die Beobachtung besonders fördernde Vorzüge vor diesen besitzen.

SIEBENTER ABSCHNITT.

GEBRAUCH DES MIKROSKOPES.

I. Allgemeine Grundsätze.

Ehe ich zu den Anweisungen über den Gebrauch des Mikroskopes im Allgemeinen, d. h. über die Methode der Beobachtung übergehe, halte ich es für zweckmässig, die nöthigen Andeutungen über die Aufstellung und Behandlung des Instrumentes, über das mikroskopische Sehen und dessen Einfluss auf die Deutung des Gesehenen u. s. f. vorauszuschicken. Alle diese Dinge sind nämlich nicht nur für den Erfolg von Bedeutung, mit dem man von seinen Instrumenten Gebrauch machen kann, sondern bedingen auch theilweise die Methode der mikroskopischen Beobachtung überhaupt.

1. Aufstellung und Behandlung des Mikroskopes.

Beobachtungszimmer. — Das Zimmer, in welchem man mikroskopische Untersuchungen vornimmt und seine Mikroskope aufbewahrt, sollte vor allen Dingen gegen den ebenso lästigen, als den Instrumenten und Präparaten nachtheiligen Staub, sowie gegen Ausdünstungen jeder Art möglichst gesichert sein. Wenn es daher irgend möglich ist, so wähle man sein Arbeitszimmer so aus, dass es von den Wohn- und Schlafzimmern sowie von der Küche möglichst weit entfernt gelegen ist und zu keinem anderen Zwecke benutzt wird. Dann scheue man die geringen Kosten nicht, den Boden, wo dies nicht schon der Fall ist, mit einer Firnissschicht überziehen zu lassen, von welcher der Staub leicht mittelst eines feuchten Tuches entfernt werden kann. Vor allen Dingen aber verbanne man den Besen als Reinigungsmittel und gestatte nur das feuchte Aufziehen des Bodens. Es mögen diese Vorsichtsmaassregeln vielleicht gar

zu kleinlich erscheinen, allein in der Praxis werden sich dieselben völlig bewähren und dem ausübenden Mikroskopiker manche unnöthige Arbeit und zeitweiligen Aerger ersparen.

Was die Lage des Beobachtungszimmers gegen die Himmelsgegenden betrifft, so halte ich, allseitig freien Horizont vorausgesetzt, die südliche unbedingt für die am wenigsten geeignete, obwohl sie für vereinzelte Fälle, in denen man sich übrigens leicht anders zu helfen wissen wird, erwünscht sein mag. Wo es der freien Wahl überlassen ist, da suche man sich ein Zimmer aus, welches nur nach der Nordseite, oder auch nach dieser und nach der Ost- oder Westseite je ein gegen grelle Lichtreflexe geschütztes Fenster hat, von denen man das eine nach Bedürfniss mittelst Läden oder dichter Rollvorhänge verschliessen kann. Ist es auch, wie oben angedeutet, für manche immer nur vereinzelt vorkommende Beobachtungen ganz angenehm, directes Sonnenlicht benutzen zu können, so äussert doch — selbst wenn man sich gegen die unmittelbare Wirkung der Sonnenstrahlen geschützt hat — die grelle Beleuchtung des ganzen Zimmers und der darin befindlichen Gegenstände einen nachtheiligen Einfluss auf die Beobachtung, indem dadurch die Retina geblendet und die Pupille zu sehr verengert wird und man nicht im Stande ist, so genau zu sehen und so ausdauernd zu beobachten, als wenn dieselbe sich in einem normalen Zustande befindet und mehr Licht durchlässt. Dagegen gewährt die angegebene Lage mehrfache Vortheile. Erstlich ist die Beleuchtung des Zimmerraumes eine gemässigte, dem Auge wohlthuende, und dann ist das von dem nördlichen Horizonte aus in das Mikroskop fallende Licht bei einer mehr gleichmässigen Intensität während verschiedener Tagesstunden ein selbst für die feinsten Beobachtungen vollkommen ausreichendes und lässt sich auch bei den schwächsten Vergrösserungen leicht mit der Beleuchtung der Umgebung in Einklang bringen.

Von manchen Mikrographen wird anempfohlen, ein Zimmer zu wählen, das gegen etwaige Erschütterungen, die von Fuhrwerken, benachbarten Werkstätten und dergleichen ausgehen geschützt sei. Dieser Vorschlag ist aber nicht nur in den meisten Fällen gänzlich unausführbar, sondern auch, soweit meine Erfahrungen reichen, etwas übertrieben. Erstlich hat man es, selbst wenn der Geldbeutel keine Rolle dabei spielt, nicht immer in seiner Gewalt, seine Wohnung so auszuwählen, dass sie von aller störenden Umgebung ganz abgeschlossen ist, und dann ist der Einfluss, welchen derartige Erschütterungen ausüben sollen, bei weitem nicht so stark und störend, als man von ein und der anderen Seite angibt.

Ich habe während der 15 Jahre, in denen ich mich fast ununterbrochen täglich mehrere Stunden mit mikroskopischen Untersuchungen beschäftige, gar manche Wohnung an belebten Strassen inne gehabt und wohne nun seit 5 Jahren dicht an der befahrensten Strasse unseres Thales, ausserdem in der Nähe einer Mühle und einer Achatschleife, muss aber gestehen, dass ich von störenden Erschütterungen bis jetzt nichts

wahrgenommen habe, obgleich die Häuser hierorts gerade nicht an Festigkeit der Bauart leiden. Auf sumpfigem oder moorigem Baugrunde mag der erwähnte Rath schon eher seine Berechtigung haben, wogegen er für festen Untergrund an Bedeutung verliert. Weit störender wirken Erschütterungen, welche in dem Hause selbst oder gar in dem Beobachtungszimmer ihren Ausgangspunkt haben. Diese halte man sich möglichst fern.

Arbeitstisch. — Der Arbeitstisch des Mikroskopikers muss vor allen Dingen möglichst schwer und solide gebaut sein, damit er einen festen Stand hat und nicht bei jeder Bewegung oder, wenn man sich mit den Armen darauf stützt, durch den eigenen Herzschlag erschüttert wird. Dann soll derselbe eine solche Grösse besitzen, dass er, um Alles sofort bei der Hand zu haben, bequem das Arbeitsmikroskop, ein Präparirmikroskop oder einen Lupenträger, sowie den sonstigen bei jeder Untersuchung nothwendigen Apparat aufnehmen kann. Daher taugen denn auch Tische von etwa $2^1/_2{}'$ Länge und noch geringerer Breite, wie sie wohl empfohlen werden, durchaus nichts, und noch weniger geeignet möchte es sein, wenn Präparirtisch und Arbeitstisch nicht e i n Ganzes bilden. Eine Länge von $3^1/_2$ bis $4'$ bei einer Breite von mindestens 2 und höchstens $2^1/_2{}'$, die man beim Sitzen bequem überreichen kann, erscheint mir nach eigener Erfahrung als das zweckmässigste Ausmaass. Die Höhe richtet sich natürlich nach der Höhe des Instrumentes, und dürfte bei Stativen wie das Oberhäuser'sche und ähnliche, wenn man nicht einen erhöhten Stuhl gebrauchen will, wohl am besten etwa $2^1/_4{}'$ betragen. Zu beiden Seiten des Tisches lassen sich unterhalb der Platte dann leicht ein paar gutschliessende Schiebladen anbringen, um fertige Präparate sowie diejenigen Neben- und Hilfsapparate aufzunehmen, welche man gern nahe zur Hand hat. Für die Reagentien, Aufbewahrungsflüssigkeiten u. dgl. lässt man am besten an der hinteren Seite der Platte einen Aufsatz anbringen, in welchem dieselben, treppenartig aufgestellt, leicht übersehen werden können, und der mittelst eines über Ober- und Vorderfläche klappenden, gut fügenden Deckels geschlossen werden kann. Auch ist es zweckmässig, wenn man an der einen Seite des Aufsatzes einige ausgerundete flache Vertiefungen anbringt, um Uhrschälchen, kleinen Abdampfschalen u. s. w. einen festen Stand zu geben und vor dem leicht stattfindenden Umfallen zu bewahren, während an der zweiten Seite einige runde, mit Tuch oder Sammet ausgefütterte Vertiefungen Platz finden, in welche kleine Glasglocken genau eingepasst sind, um darunter Präparate, die in Flüssigkeiten liegen, vor Staub zu schützen. Indessen lassen sich in dieser Beziehung mancherlei Abänderungen treffen, und Jeder wird wohl suchen, seinen Arbeitstisch so einzurichten, wie es ihm für seine speciellen Zwecke am passendsten und praktischsten erscheint. Ich möchte daher mit dem Obigen blos angedeutet haben, wie man etwa verfahren könne, ohne gerade die von mir gewählte Einrichtung als absolutes Muster hinstellen zu wollen.

Den Tisch stellt man am geeignetsten in der Nähe des Fensters auf, weil man dann gleich hinreichendes Licht zur Anfertigung der Präparate und zu Beobachtungen mittelst auffallenden Lichtes hat. Denselben 6 bis 8 Fuss entfernt vom Fenster aufzustellen, wie manche Mikroskopiker es empfehlen, will mir nicht recht zweckmässig erscheinen. Besseres Licht für den Spiegel, als wenn das Mikroskop nur 3 bis 4 Fuss vom Fenster entfernt steht, erhält man dadurch nicht. Man kann auch bei dieser Entfernung das Licht von der dem Horizonte zunächst gelegenen Stelle des Himmels auffangen und leidet dann für andere Fälle nicht Mangel an der nöthigen Beleuchtung, wodurch man sich mindestens zu einem Hin- und Herwandern mit dem Mikroskope selbst oder mit seinen Präparaten gezwungen sehen würde.

Aufbewahrung und Reinhaltung des Mikroskopes. — Soll das Mikroskop in einem dauernd guten Zustande erhalten werden, so bedarf es vor allen Dingen einer sehr sorgfältigen Aufbewahrung und Reinhaltung.

In dieser Beziehung genügt in der Regel der einfache Verschluss des optischen Apparates in dem Kasten nicht hinreichend, um den Staub abzuhalten, der bei trockenem Wetter zu allen Ritzen und Fugen von der Strasse aus in das Zimmer geweht wird, sich im Winter je nach der Heizungseinrichtung in diesem immer in mehr oder minder hohem Maasse ansammelt, in die Kästen zieht und die Linsen verunreinigt. Wo die Objective sich in eigenen gut schliessenden Etuis befinden, da erscheinen diese zwar etwas mehr geschützt, dagegen sind die Oculare gewöhnlich so angebracht, dass der Staub freieren Zutritt hat. Man kann nun allerdings den letzteren leicht wieder entfernen, so lange derselbe nur lose haftet, allein ich halte an dem Grundsatze fest, je weniger die Gläser des Putzens bedürfen, desto besser ist für ihre gute Erhaltung gesorgt. Schon in den kühlen und kalten Jahreszeiten kann der eingedrungene Staub insofern nachtheiliger wirken, als sich immer Beschlag von Feuchtigkeit bildet, welche den ersteren fester mit der Glasoberfläche verbindet, so dass dieselbe durch das Putzen stärker angegriffen wird. Ich habe mir aus diesen Gründen über die Kästen meiner sämmtlichen Mikroskope dicht anschliessende, bis über die Oeffnung für den Schlüssel reichende Wachstuchüberzüge anfertigen lassen und habe seitdem weit weniger mit dem Staube zu kämpfen, als früher.

Das Stativ jedesmal in den Kasten zu packen, wird für denjenigen, der sich täglich mit Beobachtungen beschäftigt oder während des Tages öfter seine Untersuchungen zu unterbrechen genöthigt ist, höchst unbequem und zeitraubend. Es ist daher zweckmässig, eine solche Einrichtung zu treffen, dass man das Instrument, nachdem die Linsen entfernt sind, ruhig auf dem Arbeitstische stehen lassen kann, indem es mit einer Umhüllung versehen wird, welche Staub und dergleichen möglichst gut abhält. Glaskästen erweisen sich hierzu insofern sehr angenehm, als man

sie so anfertigen lassen kann, dass sie Verschluss gestatten. Sie gewähren aber keinen ganz hinreichenden Schutz, indem durch die Fugen der Rahmen immer leicht feine Staubtheilchen eindringen. Weit besser bewähren sich in letzterer Beziehung die Glasglocken, wie man sie überall zum Schutze von Uhren und dergleichen im Gebrauche findet. Lässt man sich ein schweres quadratisches Brett mit ein oder zwei Lagen von weichem Leder überziehen, und stellt das Mikroskop mit seiner Schutzglocke darauf, so schliesst letztere, wenn sie einen gut abgeschliffenen Rand besitzt, so fest, dass man selbst nach längerem Stehen kaum Staubspuren auf dem Spiegel, Objecttisch u. s. w. wahrnimmt.

Das Stativ selbst reinige man nach jedesmaligem Gebrauche ganz und gar, und nicht etwa blos den Objecttisch, welcher am besten mit einem feinen Leinwandlappen abgerieben wird. Von dem Spiegel suche man unter gleichzeitigem Darüberhinblasen den Staub mittelst eines starken und weichen Haarpinsels zu entfernen. Für den übrigen Theil des Statives genügt in der Regel ein leichtes Abblasen und Abpinseln oder Abwischen mittelst eines alten, weichen seidenen Tuches. Wird die grobe Einstellung mittelst Verschiebung des Rohres bewerkstelligt, so suche man dieses immer ganz besonders rein zu halten und vermeide es, sich festen Schmutz darauf ansetzen zu lassen, weil, wenn dieses einmal geschehen ist, durch späteres starkes Reiben das Messing immer etwas angegriffen und die Bewegung zu leicht wird. Wird dagegen diese Einstellung durch Zahn und Trieb ausgeführt, so versäume man nicht, die Stahlstange, nachdem man sie sorgfältig von der alten Fettschicht und dem anhaftenden Schmutz gereinigt hat, von Zeit zu Zeit mit feinem nicht trocknendem Oele, oder noch besser mit chemisch reinem, wasserfreiem Glycerin einzureiben, um das Rosten zu verhüten, welches um so leichter eintritt, als der stets mit Wasserdunst geschwängerte Athem des Beobachters beständig darüber hinstreicht. Auch das Pergamentblättchen, welches sich als Zwischenlage bei der Einstellmutter der Mikrometerschraube befindet, fette man von Zeit zu Zeit — am besten mit etwas Talg — ein, damit alle unnöthige Reibung vermieden wird. Wo bewegliche Blendungen vorhanden sind, da widme man auch der Reinhaltung des Blendungsapparates, des Schlittens und der verschiebbaren Hülse die gehörige Sorgfalt. Alle diese Rathschläge mögen zwar Manchem, der mit der Behandlung seines Instrumentes schon mehr vertraut ist, etwas zu sehr ins Einzelne gehend erscheinen; man bedenke indessen, dass auch auf den Anfänger Rücksicht genommen werden muss, bei dem dieselben, wie ich aus Erfahrung weiss, oft sehr gut angebracht sind. Wer dieselben aufmerksam befolgt, der wird am besten dabei fahren und sich nicht nur an dem stets wohlaussehenden Aeusseren, sondern auch und namentlich an dem zuverlässig wirkenden Mechanismus seines Instrumentes erfreuen.

Die weitaus grösste Sorgfalt erfordert der eigentliche optische Apparat, Ocular- und Objectivsysteme. Wer damit stets die beste Wirkung erzielen will, der muss mit ängstlicher Sorgfalt über ihre Reinhal-

tung wachen. An den Ocularen machen sich kleine Schmutz- und Fettflecken, die auf der oberen Linse leicht entstehen können, ebenso kleine Staubtheile, Fäserchen und dergleichen sogleich bemerklich, ohne dass man besonders Acht darauf zu haben brauchte. Letztere entfernt in der Regel schon ein Pinsel, wenn man beim Abwischen zugleich sanft über die Linse bläst. Erstere dagegen müssen mittelst eines mit reinem, destillirtem Wasser oder nach Umständen mit Spiritus befeuchteten Leinwandläppchens weggenommen werden. Gelangt man durch diese Operation nicht zum Ziele und zeigen sich beim Durchsehen immer noch, namentlich undeutlicher umschriebene Flecken, so ist das ein Beweis, dass Staub durch die Fassung gedrungen ist und an den Innenflächen der Linsen haftet. Dann schraube man die beiden Linsen ab und reinige dieselben auch nach Innen.

Weit weniger machen sich geringere Verunreinigungen der Objectivlinsen bemerklich und mahnen so zur Reinigung. Man halte daher als ausnahmlose Regel fest, kein Objectivsystem — dessen Linsen man selbstverständlich niemals mit den Fingern anfassen soll — aus der Hand zu legen, ohne sich vorher davon überzeugt zu haben, dass es nicht etwa durch das Wasser des Objectträgers, durch gebrauchte Reagentien oder in sonst einer Weise verunreinigt worden ist, was hier und da auch dem sorgfältigsten Beobachter geschehen kann. Ausserdem untersuche man von Zeit zu Zeit seine Objectivsysteme sowohl an der vorderen, als an der dem Oculare zugewendeten Seite, ob deren Linsen nicht bestäubt oder beschmutzt sind. Eine derartige Verunreinigung erkennt man leicht, wenn man das System mit der vorderen Seite gegen das Auge hält und nun nach dem hellen Himmel blickt, oder wenn man die Linsen gegen das Fenster spiegeln lässt, wobei dessen Bild auf einer nicht reinen Linse trübe erscheinen wird.

Was die erstgenannten Verunreinigungen betrifft, so gilt als erste Regel, dieselben möglichst zu vermeiden zu suchen. Zu dem Ende verwende man zunächst, wie schon weiter oben erwähnt, nie zu kleine Deckgläschen, sondern solche, die etwa 15 bis 18^{mm} Seite haben. Dann suche man alle überflüssige am Rande des Deckgläschens stehende Flüssigkeit mittelst eines Pinsels, eines Stückchens Fliesspapier oder einer kleinen Pipette zu entfernen, weil sich sowohl die Wasserdünste wie die Dämpfe der Reagentien auf den Objectivlinsen niederschlagen. Aetzende, auf das Flintglas der vorderen Linse unbedingt schädlich wirkende Säuren und dergleichen vermeide man soviel wie möglich ganz oder nehme zu solchen Untersuchungen, wo sich dieselben nicht vermeiden lassen, minder gute Systeme, an denen weniger gelegen ist. Ist es trotz aller Vorsicht einmal vorgekommen, dass eine Objectivlinse durch irgend ein Reagens verunreinigt wurde, so spüle man dieselbe sofort sorgfältig mit destillirtem Wasser ab und wische sie nach mehrmaligem Bespülen mittelst eines weichen Leinwandlappens trocken. Man wird dann höchst selten einen Verlust zu beklagen haben. Dämpfe von Jod, mit welchem Reagens na-

mentlich der Pflanzenphysiologe häufig zu thun hat, lassen sich leicht mittelst Abwischens beseitigen, nur vermeide man, dass sie zu lange einwirken können. Mineralsäuredämpfe verlangen dagegen unbedingt das Abspülen mittelst destillirten Wassers.

Staub und derartige kleine Partikelchen lassen sich in der Regel schon durch den Pinsel, durch Leinwand oder weiches Leder entfernen. Sitzen sie fester, so benetze man die Linse oder das Leinwandläppchen wenig mit Wasser und wische leicht ab. Nur im äussersten Falle und namentlich wenn sich Fetttheilchen angesetzt haben, greife man zu Weingeist oder Alkohol. Dann aber befeuchte man das Läppchen nur wenig, weil sonst die etwa zwischen die Fassung dringende Flüssigkeit den Canadabalsam auflösen könnte, womit die Linsen zusammengekittet sind. Der dadurch herbeigeführte Schaden würde nur so wieder gut gemacht werden können, dass man das betreffende Objectivsystem von dem Optiker in Ordnung bringen liesse. Um von der hinteren, dem Oculare zugewendeten Linse den sich durch das Mikroskoprohr hinabsenkenden Staub zu entfernen, bedient man sich zweckmässig eines zugespitzten Hollundermarkstängchens, dem man nach jedem Abwischen eine frische Schnittfläche gibt. Gleich gute Dienste gewährt auch ein ähnlich zugeschnittenes Stäbchen aus Lindenholz, dessen Ende man mit feiner Leinwand umwickelt hat. Pinsel und Blasen thun dann das Uebrige. Sollte es nöthig werden, die Fassungen der einzelnen Linsen eines Objectivsystemes aufzuschrauben, welcher Fall indessen nur höchst selten eintreten wird, so hüte man sich ja, dabei mit zu grosser Gewalt zu verfahren, weil erstere dadurch leicht verbogen und damit verdorben werden. Wenn die Schrauben nicht mit der blossen Hand ohne grosse Anstrengung aufgedreht werden können, so bediene man sich folgender, schon von Kellner empfohlenen Vorrichtung. Man lasse sich in ein Stückchen weichen Holzes ein Loch drehen, dessen Durchmesser dem des entsprechenden geränderten Rundstäbchens der Fassung gleich ist, dann bringe man in einem zweiten Stückchen Holz ein Loch an, in welches das folgende Rundstäbchen knapp hineinpasst. Steckt man dann das erste Rändchen der Fassung in das Loch des einen Holzes und stülpt das andere Hölzchen über das zweite Rändchen, so wird man bei mässigem Drucke und aufdrehender Bewegung leicht die Trennung bewirken können, ohne dass die Fassung leidet.

Behandlung des Mikroskopes während des Gebrauches. — Die Sorge für das Mikroskop während des Gebrauches erstreckt sich neben den Vorsichtsmaassregeln in Bezug auf die Reinlichkeit namentlich darauf, dass man andere Beschädigungen der Linsen oder ein Zerbrechen derselben möglichst zu verhüten suchen muss. Ein solcher Unfall kann sich bei der groben Einstellung des Gegenstandes ereignen, indem man durch ein zu rasches und tiefes Herabschrauben oder Herabschieben des Rohres mit der vorderen Linse des Objectivsystemes

gegen den Objectträger oder das Deckglas stossen und dabei neben einer herbeigeführten Beschmutzung Gefahr laufen könnte, dieselbe durch Druck oder Stoss mehr oder minder stark zu beschädigen oder gar zu zersprengen. Dies ist namentlich dann leicht möglich, wenn die vordere Linse mit dem Rande der Fassung in einer Ebene liegt und nicht, wie dies bei den Objectivsystemen von Belthle, von Bénèche, Hartnack und Zeiss der Fall ist, durch einen etwas hervorstehenden Rand geschützt wird. Einem solchen Unfalle, der auch dem Geübteren einmal begegnen kann, lässt sich am sichersten vorbeugen, wenn man es sich zur festen Regel macht, die grobe Einstellung nie so zu bewerkstelligen, dass man das Rohr gegen das Object bewegt, während man in das Mikroskop sieht, sondern dass man das Objectivsystem, indem man horizontal über den Objecttisch hinwegsieht, dem Deckgläschen etwas weiter nähert, als eigentlich erforderlich ist, und die genaue Einstellung dann durch Heben des Tubus mittelst der Mikrometerschraube bewirkt. Auch beim Wechseln der Objectivsysteme kann leicht ein Unfall vorkommen, wenn man beim Festschrauben nicht höchst vorsichtig zu Werke geht. Man lasse hierbei die Hand niemals eher von dem Objectivsysteme los, als bis die Verschraubung vollkommen festsitzt. Versäumt man dies, so mag es sein, dass die Schraube noch nicht vollkommen gegriffen hat und das Objectivsystem auf den Objecttisch oder gar auf den Boden fällt. Geht dabei im günstigsten Falle keine Linse zu Grunde, so dürfte doch schon die Erschütterung nachtheilig auf die Fassung oder die Verkittung wirken. Wo das Rohr verschiebbar ist, da versäume man nicht, dieses beim Wechseln der Objectivsysteme ganz herauszunehmen. Wo dagegen die grobe Einstellung mittelst Zahn und Trieb bewirkt wird, da hebe man das Rohr so hoch wie möglich, um hinreichenden Raum für die freie Bewegung der Hände zu haben.

Werden Objectivsysteme mit Verbesserungseinrichtung verwendet, so achte man genau darauf, dass mit der Correction zugleich die feine Einstellung ausgeführt wird, um das Object immer genau im Auge zu behalten und nicht etwa durch nachherige verkehrte Bewegung der feinen Einstellung einen Druck auf das Deckglas auszuüben, was sich namentlich bei den stärkeren Systemen dieser Art leicht ereignen kann. Sind diese zugleich zum Eintauchen bestimmt, so sei man mit dem Aufbringen des Wassertropfens immer recht vorsichtig, weil sich sonst leicht Luftblasen einschleichen und mancherlei Mühe und Zeitverlust veranlassen. Ich habe es am besten gefunden, dass man zuerst die untere Linse des Objectivsystemes sorgfältig abwischt, etwas anhaucht und dann einen Tropfen Wasser aufgibt, der beim Senken des Rohres sich leicht mit einem zweiten in ähnlicher Weise auf das Deckglas gebrachten Wassertropfen vereinigt, ohne dass sich Luft eindrängen könnte. Dass man hier nur das reinste destillirte Wasser verwenden darf, wurde schon weiter oben erwähnt.

Beim Wechseln der Oculare hat man weit weniger einen Unfall

zu fürchten. Nur habe ich gefunden, dass bei gleichzeitigem Wechseln von Ocular und Objectivsystem ein oder der andere Beobachter jenes ins Rohr setzte, bevor er das Objectivsystem angeschraubt hatte. Die Folge davon war, dass das Ocular, wenn es sich nicht etwas schwer in dem Rohre schob, schnell und heftig einfiel, weil die verdrängte Luft rasch nach unten entweichen konnte. Dies rasche ins Rohr Fallen suche man stets zu vermeiden, denn es kann dabei leicht vorkommen, dass die festeingespannten Linsen, namentlich wenn sie am Rande kleine Fehler haben (was hier und da der Fall ist, ohne dass es ihrer Wirkung Eintrag thut), durch die starke Erschütterung geradezu gesprengt werden. Man lasse beim gleichzeitigen Wechseln von Ocular und Objectiv, um das Eindringen von Staub in das Rohr zu verhüten, stets das früher gebrauchte Ocular sitzen, bis man das neue Objectivsystem angeschraubt hat, und wechsle dann erst mit jenem.

Auch die Behandlung der Einstellungsvorrichtung, namentlich aber der Mikrometerschraube während der Beobachtung verlangt ihre Vorsicht. Um die letztere immer in gutem und regelmässigem Gange zu erhalten, mache man es sich zur Regel, die Feder weder längere Zeit in stärkerer Spannung zu lassen, noch dieselbe zu lose zu halten. Man gebe der Mikrometerschraube daher eine mittlere Stellung, in welche man sie immer wieder zurückbringt, wenn sie zu weit vor- oder zurückgeschraubt worden war. Vor Allem hüte sich aber der Anfänger vor einer Misshandlung der Mikrometerschraube, welche hier und da bei den weniger Kundigen dadurch hervorgerufen wird, dass die Hülse, welche den optischen Apparat trägt, schon bis zu ihrer äussersten Grenze gehoben oder herabgezogen ist. Die Schraube versagt dann den Dienst und man lasse sich nun ja nicht verleiten, durch Gewalt deren Bewegung zu erzwingen, sondern drehe sie wieder bis in eine mittlere Stellung zurück, welche leicht zu ermitteln ist.

Beim Gebrauche des Mikroskopes in der kälteren Jahreszeit hat man mit einer höchst störenden Unannehmlichkeit zu kämpfen, indem während der Beobachtung nicht allein das Metall des Statives durch den Einfluss des Athmens anläuft, was oft bis zur Tropfenbildung gehen kann, sondern dass sich auch die obere Linse der Oculare durch Beschlag trübt, sobald man das Auge darüber bringt. Ersteres, was namentlich dann stört, wenn der Objecttisch anläuft und dadurch die Bewegung des Objectträgers gehemmt wird, und bei Instrumenten mit grober Einstellung durch Zahn und Trieb insofern nachtheilig wirkt, als es das Rosten der Stahlstange befördert, vermeidet man am besten dadurch, dass man das Stativ nicht im Kasten, sondern unter einer Glasglocke im geheizten Zimmer aufbewahrt. Hat sich dasselbe indessen während der Nacht dennoch zu stark abgekühlt, so bringe man es kurze Zeit in die Nähe des Ofens, bis das Metall die Temperatur der umgebenden Zimmerluft angenommen hat, hüte sich aber, dabei zu grosse Wärme auf dasselbe wirken zu lassen. Mit den Ocularen kann man sich,

wenn die Collectivlinse nicht etwa von einer achromatischen Doppellinse gebildet wird, auf dieselbe Weise durch Erwärmung in der Nähe des Ofens helfen. Ist jenes der Fall, so hält man nur die vordere Linse den von dem Ofen ausgehenden Wärmestrahlen entgegen, wodurch die Oberfläche bald die gewünschte Temperatur annimmt.

2. Vorsichtsmaassregeln für das Auge.

Noch immer hält man vielseitig an der Meinung fest, als ob die mikroskopische Beobachtung dem Auge gefahrbringend sei und nach und nach eine Schwächung des Sehvermögens herbeiführe. Weiter verbreitet und gestützt wurde dieselbe noch durch die Erfahrungen, welche in der Regel Laien oder Anfänger in der mikroskopischen Beobachtung machen. Das Sehen durchs Mikroskop verlangt eben wie jede andere körperliche Verrichtung Uebung und Gewöhnung und veranlasst wie jede solche im Anfange eine gewisse Abspannung des betreffenden Organes. Wer diese Uebung nicht besitzt, der sucht ausserdem unwillkürlich die gewöhnliche Art des Sehens auf das Mikroskop zu übertragen und lässt das Accommodationsvermögen des Auges wirken, um von in verschiedener Tiefe des Gesichtsfeldes befindlichen Gegenständen gleich deutliche Gesichtseindrücke aufzunehmen. Da nun bei dem mikroskopischen Sehen und namentlich bei fortdauernd angestrengter Beobachtung die Ruhepunkte fehlen, welche bei dem gewöhnlichen Sehen zwischen den aufzufassenden verschiedenen Gesichtseindrücken liegen, so wird in dem noch ungeübten Organe bei den beständigen Accommodationsversuchen um so eher ein Zustand der Ermüdung gefühlt, welcher sich oft höchst empfindlich äussert.

Manchem, der sich in seiner Lebensstellung mit mikroskopischen Untersuchungen zu beschäftigen den Anlass und sogar die Pflicht hätte, dienen solche Erfahrungen nicht selten zum Entschuldigungsgrunde für seine Nachlässigkeit. Den Anderen schrecken dieselben von dem Gebrauche eines Instrumentes ab, durch welches er sich Aufschlüsse verschaffen möchte, die ihm ein lebhaftes Bedürfniss geworden sind. Letzteren zum Troste sei es hier besonders hervorgehoben, wie es vor mir schon durch die tüchtigsten Mikrographen geschehen ist, dass die erwähnte Meinung *durchaus allen Grundes entbehrt*. Die bei den ersten Versuchen sich einstellende Ermüdung wird nach und nach immer weniger fühlbar, indem man sich mehr und mehr daran gewöhnt, das mikroskopische Bild auf der Netzhaut wie auf einem Schirme aufzufangen, während alle anderen Operationen, die man gewöhnlich durch das Accommodationsvermögen vollzieht, auf den Einstellungsapparat des Mikroskopes übertragen werden. Der anhaltende Gebrauch des *zusammengesetzten* Mikroskopes schadet nicht allein dem Sehvermögen im Allgemeinen nicht, sondern gerade durch denselben wird das Auge im Laufe der Zeit immer geschickter, feinere und längere Anstrengung verlangende Beobachtungen zu er-

tragen. Wie viele unserer tüchtigsten Mikroskopiker setzen ja doch ihre Beobachtungen bis in das späteste Alter fort! Ich erinnere unter den älteren nur an Leeuwenhoeck, der ausserdem nur das einfache Mikroskop gebrauchte, welches das Auge bedeutend mehr anstrengt, als das zusammengesetzte; unter den neueren an Hugo v. Mohl, der noch jetzt, nach mehr als dreissigjährigem Gebrauche des Mikroskopes, die feinsten und schwierigsten Untersuchungen ausführt. Ich selbst habe darin die sichersten Erfahrungen gemacht. Ein seit 15 Jahren fortgesetzter anhaltender Gebrauch des Mikroskopes hat in meinem Sehvermögen durchaus keine Aenderung hervorgebracht und tagelang ununterbrochen fortgesetzte Beobachtung bewirkt in meinem rechten Auge durchaus keine Ermüdung etc., während allerdings bei sehr lange währenden, ganze Tage andauernden Untersuchungen das linke Auge mich etwas schmerzt. Aehnliche Erfahrungen haben auch andere Mikrographen gemacht. Um den letzteren Uebelstand zu verhüten, wird empfohlen, mit beiden Augen abwechselnd zu beobachten. Ich selbst kann über diesen Rath kein Urtheil fällen, da ich mein linkes Auge nicht gebrauchen kann; auch habe ich unter den mir bekannten Mikroskopikern keinen gefunden, der dies auf längere Zeit versucht hätte. Derselbe hat indessen seine theoretische Begründung und mag sich deshalb wohl bewähren.

All dies hat natürlich nur im Allgemeinen Gültigkeit und es bedarf der entschiedensten Vorsicht und Rücksichtnahme auf das gerade für den Mikroskopiker wichtigste Vermögen, das Sehvermögen. Wie auf jedes Organ übermässige Anstrengung und zu starke Reize gefahrbringend wirken, so auch auf das so fein und empfindlich organisirte Auge. Die in dem Folgenden gegebenen Vorsichtsmaassregeln halte man daher möglichst sorgfältig ein und weiche nur in solchen Fällen davon ab, welche eine Ausnahme unbedingt erheischen.

1. Man gewöhne sich vor Allem daran, beim Beobachten auch das nicht in das Mikroskop blickende Auge offen zu halten. Anfangs fällt dieses allerdings etwas schwer und man findet, dass das mikroskopische Bild wegen der Vermischung mit den von dem zweiten Auge aufgefassten und auf die Netzhaut projicirten Gegenständen nicht so scharf und bestimmt gesehen wird, als wenn man das zweite Auge schliesst. Es lernt sich indessen bald, die Aufmerksamkeit so vollständig auf den mikroskopischen Gegenstand zu richten, dass man gleichsam mit dem zweiten Auge nichts mehr sieht, und dem mikroskopischen Bilde keinerlei Eintrag geschieht. Für das Auge selbst ist aber diese Regel insofern von Wichtigkeit, als das, wenn auch unwillkürliche Zudrücken des einen Auges eine sympathische Spannung in den Lidmuskeln des anderen Auges erzeugt, welche auf die Dauer ermüdend wirkt.

2. Allzustarke Reize vermeide man, wie das ja auch der gewöhnliche Gebrauch des Auges verlangt. Ein Fehler in dieser Beziehung wird häufig von Anfängern und solchen Mikroskopikern, welche ihr Instrument nur zu vereinzelten Beobachtungen gebrauchen, dadurch begangen, dass

sie von dem Vorurtheile befangen sind, sie könnten nie genug Licht bekommen, und in Folge dessen das Gesichtsfeld zu stark erhellen. Damit ist aber nicht allein Nichts gewonnen, weil bei einer solchen grellen Beleuchtung alle feineren Structurverhältnisse verschwimmen, sondern die Netzhaut wird dadurch viel zu stark gereizt und dieser fortwährenden Ueberreizung muss natürlich eine entsprechende Abspannung der Reizbarkeit folgen. Passende Dämpfung des Lichtes durch geschickte Verwendung des Blendungsapparates, die man sich anzueignen suchen muss, kann ich hier nicht dringend genug empfehlen. Weit weniger nachtheilig als zu grelle wirkt eine etwas schwache Beleuchtung, obwohl auch diese im Allgemeinen zu vermeiden ist. Vor allen Dingen aber hüte man sich vor der Beleuchtung mittelst directen Sonnenlichtes. Was man mit unseren heutigen Mikroskopen nicht bei gutem Tageslichte sieht, das lässt sich auch durch Sonnenlicht nicht erzwingen, dessen Anwendung das Auge unfehlbar zu Grunde richtet.

3. Nicht weniger sorgfältig als allzustarke Beleuchtung des Gesichtsfeldes vermeide man auch den zu starken Gegensatz von Licht und Dunkelheit.

In dieser Beziehung ist namentlich der Rath verwerflich, den ich noch in einigen englischen Werken angeführt finde, das Zimmer ganz zu verdunkeln und das Tageslicht nur durch eine kleine Oeffnung des Ladens auf den Spiegel fallen zu lassen. Da hierbei das Auge sich bald dem erhellten Gesichtsfelde des Mikroskopes, bald dem Dunkel des Zimmers ausgesetzt findet, so treffen die Netzhaut so weit auseinander liegende Lichteindrücke, dass eine abnorme, schädliche Reizung unausbleiblich ist. Dann erweitert sich die Pupille bald, bald muss sie sich verengern, um den in das Auge tretenden breiten Lichtbüschel zu vermindern und diese immer wiederkehrende Ausdehnung und Verengerung können wohl auch kaum ohne nachtheilige Folgen bleiben. Heftige Schmerzen in den Augen und folgende Schwächung des ganzen Sehvermögens würden bei solcher Beobachtungsweise unvermeidlich sein. Ausserdem ist diese Einrichtung auch ganz und gar nicht damit verträglich, dass man die Objecte herrichten und die mikroskopischen Bilder sofort durch die Zeichnung festhalten soll und muss.

Die Beobachtung bei künstlichem Lichte kann ich ebenso wenig empfehlen. Sucht man auch durch mattgeschliffene oder gefärbte Gläser das Lampenlicht dem Tageslichte möglichst nahe zu bringen, so bleibt doch immer ein Gegensatz zwischen der Beleuchtung des Gesichtsfeldes und derjenigen des Zimmers, der, wenn auch nicht so bedeutend, wie in dem vorhergehenden Falle, doch immer gross genug ist, um auf die Dauer seinen nachtheiligen Einfluss zu äussern. Wer das Mikroskop gebrauchen will und muss, der wird auch am Tage die nöthige Zeit finden, um seine Beobachtungen auszuführen.

3. Eigenthümlichkeit des mikroskopischen Sehens.

Gewöhnliches Sehen. — Das Sehen überhaupt ist eine reine Verstandesoperation, welche aber so rasch auf den von Aussen kommenden Reiz hin vollzogen wird, dass wir uns des Ueberganges von der Empfindung zu deren äusserer Ursache kaum bewusst werden. Trotzdem aber, dass diese Verstandesoperation von uns, ohne als solche zum Bewusstsein zu gelangen, ich möchte sagen, fast unmittelbar vollzogen wird, und wir die durch das Auge vermittelten Wahrnehmungen sofort als vollendete Anschauungen, gleichsam als ob dieselben durch von Aussen unmittelbar gegebene Eindrücke erzeugt seien, fertig haben, verlangt dieselbe dennoch eine gewisse Ueberlegung und entschiedene Uebung. Es dauert während des Kindesalters eine geraume Zeit, ehe wir im Stande sind, aus den von Aussen kommenden Daten uns unter Zuhilfenahme des Tastsinnes ein richtiges Bild von der Körperwelt, von der Entfernung im Raume u. s. w. zu construiren. Diese Construction gelingt aber in allen Fällen um so leichter, je grösser die Anzahl der einzelnen Momente der Wahrnehmung ist und je stetiger dieselben aufeinander folgen. Hierin beruht denn auch wesentlich der Unterschied zwischen dem gewöhnlichen und dem mikroskopischen Sehen, welche nicht sowohl der Art, als vielmehr der Quantität nach verschieden sind.

Auf der Netzhaut des ruhenden Auges, welche als der eigentlich thätige Factor des Gesichtssinnes zu betrachten ist, entsteht vermöge des Baues des ersteren und der Gesetze, denen die Lichtstrahlen in ihrer geradlinigen Verbreitungsweise folgen, streng genommen stets nur das Bild einer aus leuchtenden Punkten gebildeten Fläche, während alle ausserhalb dieser Fläche liegenden Punkte für diesen bestimmten Zustand des Auges nur Diffusionsbilder erzeugen. Hiernach würde eigentlich das Abbild der äusseren Welt, das wir vermöge unserer geistigen Thätigkeit construiren, ein weit verschiedenes von dem sein, wie wir es wahrzunehmen gewohnt sind. Dass dies nicht der Fall ist und dass wir eben die Gesammtheit der in verschiedenen Ebenen gelegenen äusseren Objecte als ein gleichsam in allen Einzelheiten scharfes Bild auffassen, hat seinen Grund in dem Baue und den Fähigkeiten unseres Auges wie des ganzen Körpers. Erstlich besitzt nämlich das Auge ein in gewisse nicht allzuscharfe Grenzen eingeschlossenes Vermögen, sich in rascher Folge den Entfernungen anzupassen. Wir können somit Gegenstände, welche ungleich weit von unserem Auge und nicht allzuweit von einander entfernt sind, ebenso in verschiedenen Ebenen befindliche Theile eines und desselben Körpers gleich deutlich sehen und es wird dadurch möglich, verschiedene Gesichtseindrücke uns so schnell in der Zeit und mit einem so stetigen Durchlaufen aller zwischenliegenden Punkte im Raume zu verschaffen, dass es uns äusserst leicht ist, alle dieselben sofort zu combiniren. Dann ist das Auge beweglich und wir können mit

demselben über die verschiedenen Gegenstände, wie über die verschiedenen Theile eines und desselben Gegenstandes hingleiten, so dass unsere Netzhaut in jedem Augenblicke einen anderen Theil des Gesichtsfeldes aufzunehmen im Stande ist. Wir können ausserdem den Kopf bewegen und vermögen dadurch wiederum verschiedene Seiten der Körper aufzufassen. Endlich liegen in der Beweglichkeit unseres Leibes sowie darin, dass wir die Gegenstände ausser uns in die verschiedensten Lagen zu bringen im Stande sind, weitere Momente, die es uns in Verbindung mit den ersteren gestatten, von einem Gegenstande die verschiedensten Anschauungen zu gewinnen und uns über die relative Form und Lage seiner einzelnen Theile zu unterrichten. Und reicht dies alles nicht aus, so haben wir noch den Tastsinn, der uns für nicht ausser unserem Bereiche liegende Gegenstände zur Hilfe kommt.

In all diesen verschiedenen Momenten wird uns eine hinreichend sichere Grundlage geboten, auf der wir, unterstützt von Erfahrung und Uebung, durch welche wir aus der Grösse des Gesichtswinkels und der mehr oder minder grossen Deutlichkeit des Gesichtseindruckes auf die Entfernung und somit auf die relative Lage der Gegenstände und ihrer einzelnen Theile schliessen lernen, die figürliche Construction der Körperwelt vornehmen können.

Mikroskopisches Sehen. — Ganz anders gestaltet sich dagegen die Sache bei dem mikroskopischen Sehen. Hier fallen alle die genannten Hilfsmittel hinweg. Wir sehen zunächst den Gegenstand für sich isolirt, und betrachten denselben mit nur einem in der Regel ruhenden Auge, welches in unveränderter Stellung zu ihm erhalten werden muss. Dann hilft das Accommodationsvermögen des Auges nichts, indem wir durch das Mikroskop stets nur — und zwar um so genauer, je besser dessen Objectivsysteme sind — das in einer mathematischen Fläche liegende Bild sehen. Was über oder unter dieser Fläche liegt, ist für uns so gut wie gar nicht vorhanden. Wollen wir uns davon eine Anschauung verschaffen, so müssen wir geradezu das eine Gesichtsbild vernichten und ein anderes an dessen Stelle setzen. Dies kann aber nur durch die Aenderung der Einstellung geschehen. Was wir also bei dem gewöhnlichen Sehen in stetiger Aufeinanderfolge ausführen, das kann bei dem mikroskopischen Sehen nur in Folge der verschiedenen Einstellungen in entschieden merkbaren Unterbrechungen und nebenbei nie so vollkommen geschehen, wie dort. Wie sehr dies die Verbindung der einzelnen von einander verschiedenen, niemals stetig ineinander überfliessenden Gesichtseindrücke zu einem Ganzen erschweren muss, ist auf den ersten Blick einleuchtend.

Zu dem Allem kommt noch die, von der gewohnten, bei dem Sehen mit blossem Auge in Anwendung kommenden ganz verschiedene Beleuchtung der mikroskopischen Präparate. Dort sieht man einen Gegenstand vermittelst des von ihm zurückgeworfenen oder zerstreuten Lichtes. Diese Beleuchtung aber findet bei der mikroskopischen Be-

obachtung nur eine beschränkte Anwendung bei der Betrachtung un durchsichtiger Objecte. Am häufigsten muss man, um sich über di feineren Structurverhältnisse der mikroskopischen Objecte Aufschlus zu verschaffen, nachdem man sie gehörig vorbereitet und hinreichen durchsichtig gemacht hat, zu der Beleuchtung mittelst durchgehende Lichtes greifen. Hierbei aber sehen wir mehr ein Schattenbild des Ge genstandes, als ihn selbst. Das ganze Sehen bei dieser Beleuchtungs weise beruht nämlich einerseits auf der Absorption, andererseits auf de Brechung und Zurückwerfung des Lichtes, welche verschiedene neben einander liegende Theile eines Gegenstandes bewirken, so dass eine meh oder minder grosse Anzahl der auf einen durchsichtigen Körper treffen den Strahlen von der Netzhaut abgehalten und auf derselben neben de den leuchtenden Stellen des Gesichtsfeldes entsprechenden positive sogenannte negative Gesichtseindrücke erzeugt werden.

Das mikroskopische Sehen muss nach allem dem allerdings durch d Uebung erlernt werden. Es ist so zu sagen eine gewisse Erziehung notl wendig, um aus den durch das Mikroskop erhaltenen Gesichtseindrücke die richtige körperliche Construction vornehmen, d. h. die mikroskop schen Bilder richtig deuten zu können. Um diese zu erlangen, bedarf aber, wie man wohl anzunehmen geneigt sein könnte, weder sehr lange Zeit noch sehr bedeutender Anstrengung. Sie ergibt sich vielmehr, wen man sich erst mit der richtigen, durch die eben angedeuteten Verschi denheiten gebotenen Methode der Beobachtung vertraut gemacht hat, b einiger Umsicht während des Beobachtens nach und nach von selbst.

II. Methode der mikroskopischen Beobachtung.

Die leitenden Grundsätze für die Methode der mikroskopischen B obachtung haben wir aus der eben gegebenen Entwickelung der Eige thümlichkeit des mikroskopischen Sehens zu entnehmen. Um den a derselben entspringenden Nachtheilen in Bezug auf die zu vollführende Verstandesoperationen, d. h. auf die Deutung der mikroskopischen G sichtseindrücke zu entgehen und um ferner die Resultate der Beobach tung vor den durch die Phantasie hervorgerufenen Täuschungen zu s chern, müssen wir die darauf bezüglichen Elemente so zu klären und z vermehren suchen, dass wir in denselben hinreichend sichere Grundlage gewinnen, auf denen wir die figürliche Construction mit Vertrauen vo nehmen können.

Diese Aufgabe aber zerfällt wieder in zwei wesentliche Theile:

Erstens haben wir Alles nicht wirklich zu dem je weiligen Gegenstande der Beobachtung Gehörige vo dem mikroskopischen Bilde auszuscheiden, und

Zweitens eine möglichst vielseitige und scharf

Auffassung des betreffenden Objectes und seiner einzelnen Theile zu ermöglichen.

Was nun in Beziehung auf den ersten Theil unserer Aufgabe diejenigen Mängel betrifft, welche dem mikroskopischen Bilde an Form und Farbe in Folge der sphärischen und chromatischen Abweichung der Linsen anhaften, so hat der Fortschritt in der praktischen Optik hinreichend für deren Entfernung gesorgt. Es bleibt daher Sache des Beobachters, auf Grund der in einem früheren Abschnitte gegebenen Anleitung zur Prüfung des Mikroskopes sich mit einem möglichst fehlerfreien Instrumente zu versehen oder sich doch hinreichend mit dessen etwaigen Fehlern bekannt zu machen, um durch dieselben nicht irre geleitet zu werden.

Ausserdem gibt es aber noch einige andere, zwar dem Bilde, aber nicht dem Gegenstande angehörige optische Erscheinungen, welche auch bei dem sorgfältigsten Baue des optischen Apparates nicht entfernt gehalten werden können, und welche der Beobachter kennen muss, um ihren Antheil aus der Vorstellung über den wirklichen Gegenstand eliminiren zu können.

Endlich kommen neben diesen optischen, nur dem Bilde an sich angehörenden Erscheinungen noch eine Reihe von Gegenständen und Erscheinungen vor, die zwar in dem Gesichtsfelde auftreten können, ohne aber dem Bilde oder dem Gegenstande anzugehören. Mit diesen muss man sich gleichfalls bekannt gemacht haben, ehe man mit Erfolg zu einer mikroskopischen Beobachtung schreiten kann.

Wir haben in beiderlei Erscheinungen und den fremden Gegenständen das Gebiet der sogenannten optischen Täuschungen und der Veranlassungen zu mikroskopischen Irrthümern vor uns, dem namentlich im Interesse des Anfängers und weniger geübten Beobachters eine eingehendere Betrachtung zu widmen ist.

Um dem zweiten Theile unserer Aufgabe zu genügen, ist es erstlich nothwendig, dass die Objecte, soweit ihnen dieselbe nicht schon an sich eigen ist, eine für die mikroskopische Beobachtung möglichst günstige Beschaffenheit erhalten, um dem Gesichtssinne eine recht vielseitige Auffassung zu gestatten. Wir werden uns also dabei zunächst mit der Zu- und Vorbereitung der mikroskopischen Präparate zu befassen haben. Dann werden wir das eigentliche, die zweckmässige Verwendung des mechanischen und optischen Hauptapparates umfassende Feld der Beobachtungsmethode betreten, und endlich, um dem Gegenstande möglichst viele Seiten abzugewinnen und die Elemente der Anschauungen in geeignetem Maasse zu vergrössern, alle die hierfür gebotenen Handgriffe und Hilfsmittel ins Auge fassen und anwenden lernen müssen, die sich als optische, mechanische und chemische unterscheiden lassen.

1. Ausscheidung des dem mikroskopischen Bilde Fremde Vermeidung von Täuschungen.

a. Optische Erscheinungen. — Unter den Erscheinungen, welc optische Täuschungen veranlassen können, nehmen jene die erste Stelle ei welche bei den Mikroskopikern unter dem Namen Beugungserscheinungen bekannt sind. Dieselben werden durch Interferenzen hervo gerufen, die ihren Grund in den verschiedenen Ablenkungen haben, welch wie Nägeli zuerst nachgewiesen, die Lichtstrahlen auf ihrem Wege v der Lichtquelle nach dem Mikroskope und durch den Gegenstand der B obachtung erleiden. In Folge dieser Erscheinung treten längs der dunkl Ränder eines in der Focalebene befindlichen Körpers innerhalb und ausse halb seiner Grenzlinien einer oder mehrere, mit dunklen Linien abwechseln Lichtstreifen auf, welche bei intensiver Beleuchtung wiederum Farbensäum zeigen. Es treten diese Erscheinungen namentlich bei der Betrachtun durchsichtiger Gegenstände mittelst durchgehenden Lichtes auf. Weit selt ner oder gar nicht kommen sie dagegen bei der Beobachtung undurchsic tiger Gegenstände mittelst auffallenden Lichtes vor. Am meisten schein dieselben durch sehr starke, mittelst künstlichen Lichtes oder Sonnenlic tes bewirkte Beleuchtung begünstigt zu werden, wo sie dann einen u so bedeutenderen Einfluss auf die Netzhautbilder äussern, je stärker d Vergrösserung ist. Um ihnen daher so weit, als irgend möglich vorzubeuge muss man sich zunächst vor jeder allzugrellen Beleuchtung hüten, welch ja überdies ihre anderen Nachtheile hat, und dann zweckentsprechen mit den Vergrösserungen wechseln.

Zum Verständniss des Wesens dieser Erscheinungen müssen, die B kanntschaft mit den physikalischen Grundlagen vorausgesetzt, folgen Umstände ins Auge gefasst werden. Erstlich sind bei der am häufig sten angewendeten Beleuchtung der mikroskopischen Objecte und des G sichtsfeldes mittelst durchgehenden Lichtes dieses letztere, sowie die erst ren als eine Gesammtheit von selbstleuchtenden Punkten zu betrachte denen aber diese Eigenschaft nur in Bezug auf den optischen Apparat un in Folge des von einer anderen Lichtquelle ausgesendeten Lichtes z kommt. Dann ist festzuhalten, dass die Beobachtungsgegenstände in d grossen Mehrzahl der Fälle von einer Flüssigkeit (Zusatzflüssigkeit) od von Luft umhüllte hohle, von gewölbten oder ebenen Flächen umschlossen oder solide, von ähnlichen Flächen begrenzte lichtdurchlassende (durc sichtige) Körperchen sind, in deren Innerem die Lichtstrahlen in Bezu auf ihren Gang wesentliche Aenderungen, Brechungen, Spiegelunge erleiden.

Sehen wir uns die Verhältnisse und Bedingungen an, welche unte den eben gemachten Voraussetzungen zur Hervorrufung von Interferenze Veranlassung geben, so ergibt sich Folgendes:

Erstens können die von der Lichtquelle, also von dem Beleuchtungs

apparate aus nach ihrem Durchgange durch das, den Beobachtungsgegenstand umgebende Mittel in das Mikroskop tretenden Lichtstrahlen mit solchen interferiren, welche durch die Substanz des Objectes selbst gegangen sind. Denn da in der Regel zwischen dem umhüllenden Mittel und der Substanz des Objectes eine mehr oder minder grosse Verschiedenheit in Bezug auf das Brechungsvermögen stattfindet, so werden auch bei dem Durchgange der Lichtstrahlen durch dieselben verschiedene Abweichungen in Bezug auf deren Weg, d. h. Gangunterschiede hervorgerufen, welche zu Interferenzen der zusammentreffenden Strahlen Veranlassung geben.

Hier werden sich die abwechselnd hellen und dunklen Streifen nach Aussen von den Grenzen der Beobachtungsobjecte zeigen müssen und in dem Maasse an Stärke und Intensität abnehmen, als die organische Substanz und die Zusatzflüssigkeit an Brechungsvermögen weniger verschieden sind. Im Ganzen werden sie nur selten von Einfluss auf das mikroskopische Bild sein, da eben die Verschiedenheit der brechenden Substanzen, von denen ausserdem die eine die andere sehr häufig durchdringt, in der Regel eine so geringe ist, dass die Erhellungsdifferenzen der Interferenzstreifen kaum oder gar nicht hervortreten.

Zweitens können die Interferenzen hervorgerufen werden durch Gangunterschiede zwischen denjenigen Strahlen, welche blos durch das den Beobachtungsgegenstand umgebende Medium gegangen, und denen, welche an den äusseren geraden oder gewölbten Grenzflächen des ersteren zurückgeworfen, gespiegelt worden sind. Hier haben wir eines jener Verhältnisse, welche sich bei der mikroskopischen Beobachtung am häufigsten und merkbarsten kund geben dürften. Die Interferenzstreifen können dabei je nach Form und Beschaffenheit der spiegelnden Grenzflächen und des umhüllenden Mediums in verschiedener Schärfe u. s. w. auftreten und leicht Grund zu optischen Täuschungen geben. Objecte, an denen sie vorzugsweise beobachtet werden, sind Quer- und Längsschnitte von Zellen, Röhren, Fasern, wo sie immer an der Aussenseite der eigentlichen Grenzlinien erscheinen. In gleicher Weise finden sie sich bei soliden kleinen Körnchen, feinen Fäden und dergleichen.

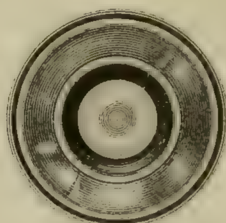
Drittens werden die Interferenzen veranlasst durch das Zusammentreffen von Lichtstrahlen, welche vermöge ihres Durchganges durch das Object eine Brechung erlitten haben, mit solchen, welche an dessen inneren Seitenflächen gespiegelt worden sind. Auch dieser Fall dürfte sich bei der Beobachtung durchsichtiger Gegenstände in ähnlicher Weise geltend machen, wie der vorhergehende, und unterscheidet sich derselbe von jenem nur insofern, als hier die Interferenzstreifen nach der Innenseite der wahren Grenzlinien verlegt werden.

Aus der Betrachtung dieser drei Fälle, in denen Interferenzen auftreten können, geht hervor, dass wohl selten einer derselben allein seinen Einfluss auf die Beschaffenheit des mikroskopischen Bildes äussert, sondern dass in der Regel eine Complication derselben statthaben wird,

wodurch je nach Umständen eine Verstärkung oder Schwächung der Einzelerscheinung bewirkt werden kann. Ausserdem trägt zur Complication auch noch der Umstand bei, dass ebensowohl die gebrochenen wie die zurückgeworfenen Strahlen untereinander interferiren können, indem solche je einer Art, die mit Gangunterschieden behaftet erscheinen, zusammentreffen.

Wo die oben beschriebenen Säume und Linien auftreten, sucht man sich am besten durch Veränderung der Beleuchtung sowie durch Wechsel in der Vergrösserung oder Einstellung davon zu überzeugen, ob dieselben dem Gegenstande selbst oder nur dem Bilde angehören, indem man sie in dem letzteren Falle durch diesen Wechsel ganz oder zum Theil entfernen oder in ihren Abständen und ihrer Zahl modificiren kann. Dieselben haben indessen ein eigenthümliches, kaum näher zu beschreibendes Aussehen, und es besitzen namentlich die zwischen den dunkleren Linien liegenden Stellen einen so eigenthümlichen Glanz, dass der geübte Beobachter wohl selten dadurch getäuscht werden dürfte. Der Ungeübtere muss sich jedoch mit ihnen möglichst bekannt zu machen suchen, um nicht irre geführt zu werden. Ein passendes Object, um Interferenzstreifen der zweiten Art hervorzubringen, gewähren kleine Luftblasen in Flüssigkeiten (Fig. 215) oder Quecksilberkügelchen, deren dunklen

Fig. 215.



Luftbläschen unter dem Mikroskope bei Einstellung auf den Durchschnitt.

Rand man von einem oder mehreren hellen Lichtsäumen eingefasst sieht, welche selbst wieder von feinen dunklen Linien begrenzt erscheinen. Kleine und kugelförmige Stärkekörner ohne deutliche Schichtung, oder grössere Chlorophyllkörner leisten fast gleich gute Dienste, um die Linien der dritten Art hervorzubringen. Man wird bei diesen Objecten, namentlich wenn man sehr intensiv beleuchtet, am Rande nicht selten zwei und je nach der Einstellung sogar drei bis vier dunklere Linien wahrnehmen können, welche durch etwas gelblich gefärbte Lichtsäume von einander getrennt erscheinen. Die eigentlichen Grenzlinien der Stärkekörner etc. sind dabei aber durch ihre Schärfe und dunklere Zeichnung ausgezeichnet. Durch Wechsel in der Beleuchtung vermittelst Herabziehens der Blendungen und dergleichen verlieren diese ersteren an Schärfe, so dass sie weit unbestimmter gezeichnet erscheinen, sie nähern sich einander mehr und mehr, oder sie verschwinden ganz oder

theilweise, was bei der wahren Randlinie des Körpers nicht eintritt. Auch andere organische Objecte mit scharfen und bestimmten Grenzlinien eignen sich sehr gut zu diesen vorbereitenden Untersuchungen, so z. B. nicht zu zarte Querschnitte stark verholzter Pflanzengewebe, des Peridermas und dergleichen, die Tüpfelcanäle der Coniferen, bei denen man diese sogenannten Beugungserscheinungen vorzugsweise an den inneren Rändern der Grenzen wahrnimmt. Da hierbei in der Regel eine Verbindung des zweiten mit dem dritten Falle eintritt, hat man sich von der wahren Natur der Lichtlinien u. s. w. sowohl durch Wechsel in der Abblendung, als auch durch Aenderung der Spiegelstellung, d. h. durch mehr oder minder schiefe Beleuchtung zu überzeugen.

Einige andere Erscheinungen haben mit den eben beschriebenen zwar grosse Aehnlichkeit, ohne aber eigentliche Interferenzerscheinungen zu sein. Ich meine damit die doppelten oder verbreiterten Linien, welche hier und da auftreten, sich aber bei veränderter Einstellung als einfache, scharfe Linien ohne Breite darstellen. Diese werden durch eine mangelhafte Einstellung veranlasst und lassen sich durch richtigen Gebrauch der feinen Einstellschraube sofort beseitigen. Auch einige Farbenerscheinungen gehören hierher, welche keineswegs Folge mangelhafter Verbesserung der Farbenabweichung der Linsen sind, sondern auf dem eben genannten, von dem Beobachter begangenen Fehler beruhen. So erscheinen z. B., wenn der Gegenstand nicht ganz scharf einsteht, die kleinen Poren in den verdickten Zellwänden, je nach ihrer Grösse oder ihrer Entfernung von dem Brennpunkte an der Innenseite gelblich, röthlich oder grünlich blau gefärbt. Aehnlich verhalten sich unter gleichen Umständen kleine kugelförmige Körperchen, indem sie mehr oder minder stark gefärbte Aussenränder zeigen. Hier kann man die störenden Nebenerscheinungen immer nur durch das allergenaueste Einstellen beseitigen, nachdem man den Gegenstand möglichst in die Mitte des Gesichtsfeldes gebracht hat. Gelingt eine Entfernung dieser Farbenerscheinungen auch durch die sorgfältigste Einstellung nicht, dann darf man dieselben, wenn man von der Farbenfreiheit seiner Gläser überzeugt ist, allerdings mit vieler Wahrscheinlichkeit dem Gegenstande selbst zuschreiben.

Von der Genauigkeit der Einstellung wird sich der geübtere Beobachter auf den ersten Blick überzeugen. Weit schwieriger aber gelingt dies dem Anfänger. Als allgemeine Regel in dieser Beziehung lässt sich wohl der Satz aufstellen, dass die richtige Einstellung allemal dann erzielt ist, wenn das Bild am kleinsten erscheint und seine Begrenzungslinien die geringste Breite besitzen. In diesem Falle ist dann auch für ebene Körper immer die grösste Schärfe und Deutlichkeit für das Ganze sowohl als für alle einzelnen Theile vorhanden.

b. Fremde Körper und Processe. — Während die im Vorhergehenden abgehandelten Erscheinungen nur dem Bilde angehören, welches

durch die Objectivsysteme des zusammengesetzten Mikroskopes entworfen wird, haben wir es hier mit einer Reihe von Vorkommnissen zu thun, welche allerdings nicht dem Gegenstande der Beobachtung eigen sind, die aber wirklichen Erscheinungen und Gegenständen entsprechen, welche mit demselben zu gleicher Zeit im Gesichtsfelde erscheinen. Dieselben haben ihren Grund entweder in den sogenannten entoptischen Gesichtserscheinungen oder in fremden Körperchen, welche sich auf den Gläsern des optischen Apparates oder auf dem Objectträger befinden. Um den hierdurch veranlassten Täuschungen zu entgehen, haben wir uns zunächst mit allen hierher gehörigen Erscheinungen, Gegenständen u. s. w., welche etwa bei mikroskopischen Untersuchungen vorkommen können, vertraut zu machen, und dann alles das genau kennen zu lernen, was über einen betreffenden Gegenstand der Untersuchung bekannt geworden ist.

Was den ersten Theil dieser Forderung betrifft, so müssen wir im Auge behalten, dass die Gegenstände mikroskopischer Wahrnehmungen entweder Formen oder Processe sind.

Die ersteren können wieder entweder wirkliche — entoptische Gesichtserscheinungen, fremde Körperchen — oder scheinbare Formen — Luft- und Gasbläschen u. s. w. — sein.

Die sogenannten *entoptischen Gesichtserscheinungen*, vorzüglich aber die Mouches volantes, mögen bei schwierigen Beobachtungen allerdings hinderlich werden, indem sie störend auf die Sichtbarkeit feinerer Einzelheiten und namentlich kleinerer Körperchen wirken. Eine eigentliche Täuschung wird aber kaum durch dieselben hervorgerufen werden können, da man durch Aenderung der richtigen Einstellung leicht wahrnimmt, dass sie mit dem Gegenstande der Beobachtung nichts gemein haben. Während dieser hierbei nämlich undeutlich wird, bleiben die Mouches volantes unverändert; ausserdem bewegen sich dieselben mit dem Auge, während das Bild des Gegenstandes fest stehen bleibt.

Ebensowenig äussern Staubtheilchen, Kritzel und dergleichen, welche sich auf der Oberfläche der Gläser befinden, einen irgend erheblichen Einfluss auf die Richtigkeit der Beobachtungsresultate. Wo dieselben in dem Gesichtsfelde erscheinen, was eigentlich nur bei den Gläsern der Oculare stattfindet, da sind sie so leicht kenntlich, dass man nicht irre geführt werden kann und bei einiger Uebung in mikroskopischem Sehen sie ganz und gar übersieht. Sorgfältige Reinhaltung des Instrumentes schützt übrigens vor Störungen dieser Art.

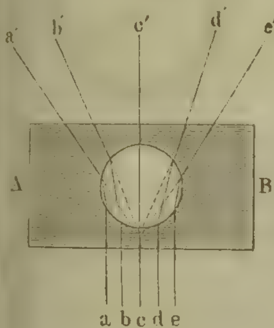
Eher schon wirken fremde, *geformte Gegenstände*, welche sich auf dem Objectträger befinden, auf das Resultat der Untersuchung ein. Hierher gehören namentlich kleine Theile von thierischen und pflanzlichen Geweben, als Fasern von Papier, Leinwand, Wolle, Epithelialzellen der Oberhaut oder der Mundschleimhaut, Haarfragmente von den Pinseln und dergleichen. Dann finden sich in dem zur Benetzung der Objecte gebrauchten Wasser häufig kleine Infusorien, einzellige Algen, Pilzsporen, kleine Stärkemehlfragmente, Staubtheilchen, Insectenschüppchen,

welche man nicht immer ganz entfernt halten kann, da sie meistens in der Luft umhergeführt werden.

Sind auch alle diese fremden Gegenstände für den erfahrenen Beobachter so zu sagen gar nicht vorhanden, indem sie ihm als bekannte und unwesentliche Dinge nicht mehr in der Anschauung zum Bewusstsein kommen, so muss sich doch der Anfänger durch eigene Anschauung hinreichend mit denselben vertraut machen, ehe er zu eigentlichen Untersuchungen schreitet, um sie vorkommenden Falles eliminiren zu können.

Von den scheinbaren, d. h. jenen Formen, die unter gewissen Bedingungen bei an sich formlosen Stoffen hervorgerufen werden, sind es namentlich die Luftbläschen, oder Bläschen anderer Gasarten, welche mechanisch in der Beobachtungsflüssigkeit oder in Geweben eingeschlossen sind, sonach mit den eigentlichen Beobachtungsgegenständen im innigen Vereine auftreten. Dieselben erscheinen, da die Lichtstrahlen (*abcde*. Fig. 216) bei dem Uebergange aus dem dichteren in das dünnere Mittel, mit Ausnahme der durch die Mitte gehenden, so sehr abgelenkt werden, dass sie nicht in das Objectiv gelangen können, bei mittlerer Einstellung unter dem Mikroskope als runde Körperchen mit nach Innen dunkelschwarzem, von hellen Ringen unterbrochenem, nach Aussen dunkelgrauem, von Interferenzstreifen eingefasstem Rande und kleinem, rundem, hellem Centrum (Fig. 217 b. u. c.). Ihr Aussehen ist so charakteristisch, dass sie sich sofort erkennen lassen. Ausserdem erblickt man beim Senken des Tubus in dem Brennraume, resp. dem Bilde der Blendung die Scheinbilder von in der Nähe befindlichen, in dem Beleuchtungs-

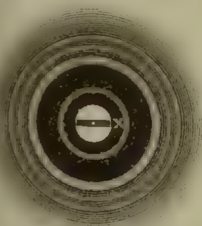
Fig. 216.



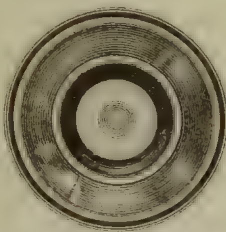
Ablenkung paralleler Lichtstrahlen durch Luftblasen.

Fig. 217.

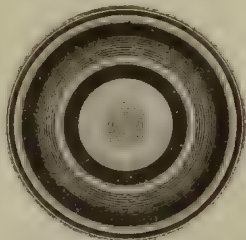
a.



b.



c.



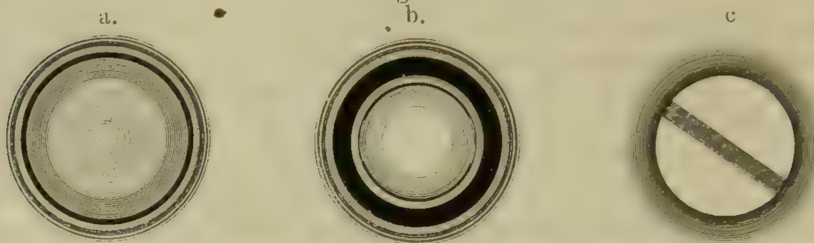
Luftbläschen unter dem Mikroskope. a. Einstellung auf den Brennraum. b. Einstellung auf den Durchschnitt. c. Gleiche Einstellung bei Abhaltung des Seitenlichtes. 1 : 145.

spiegel sich abspiegelnden Gegenständen, der Fensterkreuze und dergleichen (Fig. 217 a. bei *x*), so dass sie auch den Anfänger im Beobachten kaum zu täuschen vermögen. Leichter schon ist eine Täuschung möglich, wenn die in den Höhlungen organischer Körper eingeschlossene Luft deren Formen annimmt. Da man nämlich häufig geneigt ist, die durch das Mikroskop erhaltenen Gesichtseindrücke mit denjenigen des blossen Auges in

Uebereinstimmung zu bringen, so kann es vorkommen, dass man die in den Intercellularräumen und anderen Höhlungen enthaltene, schwarz erscheinende Luft für eine undurchsichtige Materie hält. Wer nicht Uebung genug besitzt, um schon durch den blossen Anblick Luft von einer festen Substanz unterscheiden zu können, der wird durch Tränken solcher lufthaltigen Gewebe mit Alkalien, Weingeist und dergleichen, welche Mittel die Luft bald aufnehmen, sich die nöthigen Anhaltspunkte zu verschaffen suchen müssen.

In ähnlicher Weise wie Luftblasen stellen sich in Wasser vertheilte

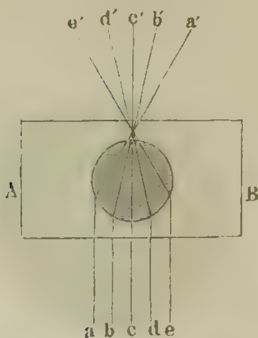
Fig. 218.



Oeltropfen unter dem Mikroskop. a. Einstellung auf den Rand. b. Etwas höhere Einstellung. c. Einstellung auf den Brennraum.

Oel- und Fetttröpfchen (Fig. 218) oder überhaupt Tröpfchen solcher dichteren Flüssigkeiten, die sich mit jenem nicht mischen, unter dem Mikroskope dar; nur ist der schwarze Rand bei denselben weit schmäler, wie bei jenen, weil der Unterschied zwischen dem Brechungsvermögen von Wasser und Oel u. s. w. geringer ist, als zwischen Wasser und Luft. Die Bilder von äusseren Gegenständen, welche die Oeltröpfchen erzeugen, unterscheiden sich ebenfalls von denen der Luftbläschen, indem die ersteren wie eine doppelt convexe Linse (Fig. 219) wirken und daher ein wahres Bild (Fig. 218 c. bei x) erzeugen, welches zwischen dem Tröpfchen und dem Objective gelegen ist und beim Heben des Tubus sichtbar wird.

Fig. 219.

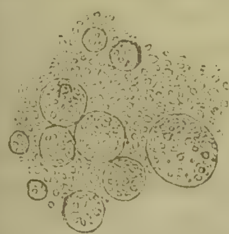


Ablenkung paralleler Lichtstrahlen durch Oeltröpfchen.

Noch leichter als die vorhergehenden können solche Formen zu Täuschungen Veranlassung geben, welche durch das Zusammentreffen flüssiger Substanzen von verschiedener Dichtigkeit hervorgerufen werden, indem entweder die weniger dichte von einer anderen, dichteren Flüssigkeit eingehüllt wird, oder erstere in letztere eindringt. So z. B. sondern sich nicht selten einzelne Partieen des aus verletzten Zellen hervorquellenden Inhaltes im Wasser des Objectträgers in rundliche Massen (Fig. 220), welche anscheinend von einer Membran eingeschlossen werden. Es entstehen ferner in der dichteren Flüssigkeit kuglige, von der weniger dichten Substanz erfüllte Räume, sogenannte Vacuolen (Fig. 221), welche man als von einer Membran umgrenzt betrachten könnte.

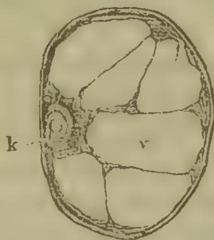
Diese Vorgänge sind hie und da als Zellenbildungsprozesse und deren Producte als Zellen angesehen und dargestellt worden, wofür sich selbst bei

Fig. 220.



In das Wasser des Objectträgers übergetretener, theilweise zellenartig geballter Zellinhalt. 1 : 200.

Fig. 221.





Vacuolen in dem Protoplasma von Pflanzenzellen. 1 : 200.

bekannten Autoren Beispiele auffinden lassen. Man sehe sich daher wohl vor, um nicht Formen als wesentlich aufzufassen, welche durch äussere, oft hinzugebrachte Einflüsse hervorgerufen sind und mit dem eigentlichen Gegenstande der Beobachtung ganz und gar nicht in organischem Zusammenhange stehen. Die ersteren kann man meistens durch passende Auswahl der Zusatzflüssigkeit umgehen. Ueber die Natur der anderen entscheidet oft die Anwendung der später zu besprechenden Hilfsmittel.

Andere, namentlich sehr dickflüssige Substanzen erscheinen, wenn sie in Flüssigkeiten gebracht werden, mit denen sie sich nicht mischen, ebenfalls in mancherlei Formen, die bald fadenförmig, bald membranartig sind, bald sich mehr der Tropfen- oder Bläschenform nähern. Man muss sich indessen wohl hüten, diese für etwas Selbständiges zu halten und, um Irrthum zu vermeiden, mit der Wirkungsweise der Flüssigkeiten aufeinander wohl vertraut zu machen suchen.

Unter den Processen, welche dem Mikroskopiker Veranlassung zur Täuschung werden können, sind vorzugsweise einige Bewegungserscheinungen hervorzuheben.

Zu denjenigen Bewegungserscheinungen, welche unter dem Mikroskope am häufigsten auftreten, gehört die von Robert Brown entdeckte Molekularbewegung. Es tritt dieselbe sowohl bei organischen als unorganischen Stoffen auf, wenn dieselben in Form von hinreichend kleinen Körnchen in einer Flüssigkeit suspendirt sind. Auf die Form der Körper kommt es dabei gar nicht an. Dieselben mögen rund oder eckig, nach allen drei Dimensionen gleichmässig ausgedehnt, plattenartig oder nadelförmig sein, die Bewegung tritt ein, sobald sie eben nur klein genug sind. Die letztere selbst ist schwer zu beschreiben. Dieselbe hat etwas Zitterndes und Wimmelndes, indem die kleinen Körperchen bald oscilliren, bald anscheinend um ihre Achse rotiren und dabei bald vor-, bald rückwärts gehen. Sie tritt in dem Grade entschiedener auf, als die Körperchen kleiner werden und weniger in ihrem specifischen Gewichte von der umgebenden Flüssigkeit verschieden sind. Bei organischen Körperchen ist sie daher in der Regel am stärksten und hält verhältnissmässig am längsten an, während sie bei unorganischen um so

unbedeutender erscheint und um so früher aufhört, je höher ihr specifisches Gewicht ist. Niederschläge von Metallen zeigen diese Bewegung daher häufig gar nicht, und wenn sie sich auch sehr fein vertheilt in Flüssigkeiten finden.

Man muss sich mit dieser Bewegung durch öftere Beobachtung an verschiedenen Körpern möglichst vertraut machen, um sie genau von anderen, ähnlichen Bewegungen unterscheiden zu lernen. Ein sehr günstiges Object zu ihrer Beobachtung bei organischen Substanzen bildet der Inhalt der Pollenkörner, welcher aus der gesprengten Hülle ausgetreten ist. Hieran wurde dieselbe denn auch schon früh entdeckt und irrthümlich für etwas Eigenthümliches, Lebendes angesehen, wie etwa die Bewegung der Spermatozoiden. Von anderen Körpern zeigen die Molekularbewegung sehr schön mit Wasser abgeriebener Carmin oder Indigo.

Ueber den Grund der Erscheinung scheint man noch nicht recht einig zu sein und können wir über die verschiedenen Ansichten in dieser Beziehung um so eher hinweggehen, als wir es nur mit der Erscheinung selbst, nicht aber mit Erklärung derselben zu thun haben.

Durch das Vermischen zweier ungleichartiger Flüssigkeiten entstehen in der Regel Bewegungserscheinungen, welche sich um so mehr steigern, je grösser die Anziehung zwischen beiden und je flüchtiger die eine derselben ist. Häufig zu beobachten sind dieselben z. B. beim Zusatz von Alkohol oder alkoholischer Jodlösung zu Wasser, und sie dauern dann so lange, als beide Flüssigkeiten sich noch nicht vermischt haben. Die Bewegung ist leicht zu erkennen, indem dieselbe keineswegs regelmässig erscheint, sondern mehr in einzelnen unregelmässigen Stössen erfolgt. Kleine in der Flüssigkeit suspendirte Körperchen werden dadurch, indem sie die Strömungen fortreissen, in eine hin- und hergehende oder tanzende Bewegung versetzt. Am auffallendsten sind diese Bewegungen, welche zuerst von J. H. Weber und dann von Harting näher beschrieben wurden (Poggendorff's Annalen Bd. 114, S. 447 und Bd. 117, S. 51), bei solchen sehr kleinen Körperchen, welche sich in der Nähe von, in einem nach bestimmten Verhältnissen bewirkten Gemenge von Alkohol und Wasser eingeschlossenen Luftbläschen befinden.

Verdunstende Flüssigkeiten rufen ebenfalls häufig Bewegungen hervor, die vorzugsweise bemerklich werden, wenn man die mikroskopischen Objecte unter Deckgläschen beobachtet. Es finden dann in der Regel zwei einander entgegengesetzte Strömungen statt, die nach beiden Richtungen kleine Körperchen mit sich fortreissen oder in eine drehende Bewegung versetzen. Aehnliche Ströme und Bewegungen treten in Folge des Entweichens von in Flüssigkeiten eingeschlossenen Luftbläschen auf und es ist mir nicht selten vorgekommen, dass kleine organische Elemente mehr oder weniger schnell das ganze Gesichtsfeld durchliefen und dann verschwanden. Täuschungen werden diese Bewegungen indessen höchstens bei dem Anfänger zu veranlassen im Stande sein, während der geübte Beobachter kaum von denselben beirrt wird.

Während die genannten Bewegungserscheinungen dem Beobachtungsgegenstande mehr fremd sind, treten aber auch solche auf, welche ihren Grund in einer diesem eigenen Bewegung haben und leicht zu Sinnentrug Anlass geben können.

Zunächst gehören dahin alle jene Täuschungen, welche sich auf die Grösse der Bewegung oder die Geschwindigkeit eines sich in dem Gesichtsfelde bewegenden Körpers beziehen. Diese wird in der Regel weit überschätzt, indem man ausser Acht lässt, dass sie sich in dem Maasse vergrössert, als die Vergrösserung des Mikroskopes zunimmt. Bewegungen, die unter einer Vergrösserung von 300- bis 400mal schon als in rasender Eile ausgeführte erscheinen, reduciren sich in der Wirklichkeit auf ein höchst geringes Maass, welches man nur dann richtig zu bestimmen im Stande ist, wenn man den wirklich durchmessenen, mikrometrisch zu ermittelnden Weg mit der hierzu verwendeten Zeit in Beziehung setzt.

Eine andere Art der Täuschung betrifft die Form der Bewegung, indem man diese für sich und in Beziehung auf die Focalebene ohne Berücksichtigung der Form des sich bewegenden Objectes betrachtet. So z. B. wird die Bewegung von Spermatozoiden und dergleichen oft als eine schlängelnde beschrieben, während dieselbe in Wirklichkeit in einer mit einer Drehung um die Längsachse verbundenen Vorwärtsbewegung besteht. Hier wird die Täuschung durch das in verschiedenen, wenn auch noch so kleinen Zeitabschnitten stattfindende deutliche Hervortreten der einzelnen Theile der Spiralwindungen des schraubenförmig gebauten Objectes veranlasst.

2. Herrichtung der mikroskopischen Beobachtungsgegenstände.

Für die Lösung des zweiten Theiles der Hauptaufgabe, d. h. für die Gewinnung einer möglichst vielseitigen und klaren Auffassung des zu beobachtenden Gegenstandes ist die passende Vorbereitung und Herrichtung desselben eines der Hauptmittel.

Bei der Beobachtung mittelst auffallenden Lichtes, welche so ziemlich mit der gewöhnlichen Art und Weise des Sehens übereinstimmt, ist dieselbe einfach und beschränkt sich in der Regel auf die Beseitigung von fremden, dem Gegenstande selbst nicht angehörenden Dingen, sowie auf die Art und Weise, denselben in einer zweckdienlichen Lage in das Gesichtsfeld und damit dem beobachtenden Auge nach und nach verschiedene Seiten desselben zur Anschauung zu bringen.

Anders dagegen gestaltet sich die Sache bei der in den meisten Fällen von wissenschaftlich-mikroskopischen Untersuchungen angewendeten, eigenthümlichen Beobachtungsweise mittelst durchfallenden Lichtes. Hier sind die allerwenigsten Gegenstände unmittelbar zur Untersuchung geeignet und bedürfen einer besonderen Zubereitung, um ihnen den nöthigen Grad von Durchsichtigkeit zu verschaffen.

Bei einzelnen Gegenständen ist diese zwar vorhanden, aber sie wird durch eingeschlossene Luft gestört. In diesem Falle kann man letztere leicht schon durch das Einlegen des Objectes in Alkohol oder, wo dies nicht genügt, mittelst der kleinen, im sechsten Abschnitte beschriebenen Luftpumpe entfernen.

Andere Gegenstände, wie Pollenkörner, Sporen und dergleichen erlangen, wenn es sich nicht gerade um die Untersuchung der feinsten Structurverhältnisse handelt, den erforderlichen Grad von Durchsichtigkeit schon durch Befeuchten mittelst Wassers, Alkohols, Alkalien, fetter oder flüchtiger Oele.

In der Regel aber wird man sich veranlasst sehen, die zu untersuchenden organischen Gegenstände, welchen eine völlige Undurchdringlichkeit für die Lichtstrahlen keineswegs an und für sich eigen ist, in so dünne Schichten zu zerlegen, dass die vermöge der Form und physikalischen Beschaffenheit ihrer kleinsten Theilchen stattfindenden Brechungen und Zurückwerfungen der aus der Luft oder der Beobachtungsflüssigkeit in sie eintretenden Lichtstrahlen zweckdienlich beschränkt und denselben ein möglichst freier Durchgang gestattet wird.

Anfertigung von Schnitten und Schliffen, Isolirung der Elementarorgane.

Hie und da, namentlich bei zarten Gegenständen, mag zu dem erwähnten Zwecke eine mehr oder minder starke Quetschung genügen. Im Ganzen ist dies ohnehin sehr beschränkte Verfahren aber zu roh, als dass man sich dessen mit Vortheil bedienen könnte. Die Hauptaufgabe wird in dieser Beziehung daher immer die Anfertigung sehr zarter Durchschnitte bleiben.

Der zu diesem Behufe erfundenen mechanischen Instrumente und ihrer Anwendbarkeit wurde schon in einem früheren Abschnitte gedacht. Für unsere Zwecke haben feine Schnitte aus freier Hand den meisten Werth und muss man sich, wenn man das Mikroskop zu wissenschaftlichen Untersuchungen verwenden will, zunächst in der Anfertigung derselben eine hinreichende Fertigkeit erwerben.

Dem Rasirmesser ist hierfür wegen der Sicherheit in der Führung und der Freiheit in der Bewegung im Allgemeinen vor allen dazu benutzten und empfohlenen schneidenden Instrumenten der Vorzug zu geben. Für manche Fälle wird man indessen auch von guten Skalpellen, sowie von der anatomischen und Cooper'schen Scheere mit Vortheil Gebrauch machen können.

Die Art und Weise des Gebrauches der schneidenden Instrumente zur Anfertigung der Schnitte wird einestheils durch die besondere Beschaffenheit der gerade herzurichtenden organischen Körper, anderentheils durch deren Grössenverhältnisse bedingt. Muss daher auch ein näheres Eingehen darauf den speciellen Untersuchungsmethoden in den folgenden Theilen vorbehalten bleiben, so dürfen wir uns doch hier einiger allgemeiner Anweisungen nicht enthalten.

Feine Durchschnitte von widerstandsfähigen Geweben. — Am einfachsten und leichtesten ausführbar sind Schnitte durch solche Gewebe und Gewebetheile, welche bei hinreichender Grösse, um in freier Hand gehalten zu werden, dem Messer solchen Widerstand bieten, dass man es mit Sicherheit und Stetigkeit führen kann. Dahin gehören namentlich Hölzer, härtere Pflanzentheile, horn- und knorpelartige Thiersubstanzen, Knorpel, endlich durch künstliche Mittel erhärtete Pflanzen- und Thiergewebe und dergleichen. Hat man hier erst die Schnittfläche gehörig geebnet und nach Bedürfniss mit etwas Wasser oder Alkohol befeuchtet, so fasst man den Gegenstand fest zwischen Daumen und Zeigefinger der linken Hand und schneidet dann, indem man die flach aufgelegte, vorher benetzte Klinge des Messers mit fester Hand stetig nach sich hinzieht. Wenn es sonst angeht, so wähle man den Gegenstand so aus, dass das Messer auf dessen geebneter Oberfläche eine möglichst grosse Leitfläche besitzt. Auf bedeutende Grösse des Schnittes kommt es in den meisten Fällen weit weniger an, als auf dessen Feinheit bei unverletzter Erhaltung der zusammensetzenden Elementarorgane. Man begnüge sich daher nicht mit dem ersten besten Schnitte, sondern schneide ruhig so lange fort, bis der erforderliche Grad von Feinheit erreicht ist, worüber hie und da schon das blosse Auge, und wenn nicht, eine vorläufige Betrachtung mittelst der Lupe oder auch des Mikroskopes Auskunft geben wird. Um diese vorläufige Untersuchung nicht zu oft wiederholen zu müssen, wird man gut thun, eine Anzahl von Schnitten, denen man die möglichste Vollkommenheit zu geben suchen muss, vorläufig in eine mit reinem Wasser gefüllte Schale zu bringen und dann unter dem Mikroskope die gelungensten zur eigentlichen Untersuchung auszuwählen. Um die zarten Schnitte von der Messerklinge abzuheben, bedient man sich eines feingespitzten, etwas befeuchteten Haarpinsels.

Frische Hölzer, junge Zweige und saftreiche Triebe holzartiger Pflanzen und dergleichen lässt man zweckmässig einige Stunden bis einen oder mehrere Tage abtrocknen, weil es dann weit leichter ist ganz untadelhafte Schnitte zu erhalten. Man thut indessen gut, sich von Zeit zu Zeit Kenntniss darüber zu verschaffen, ob der geeignete Zeitpunkt gekommen ist, wofür ein paar Probeschnitte ausreichen.

Harte Hölzer und andere harte Pflanzentheile, welche sich trocken nicht wohl schneiden lassen, weicht man einen oder einige Tage in Wasser oder auch erst in verdünnte kaustische oder kohlensaure Alkalien und hierauf in Wasser ein, wonach dieselben weit leichter zu behandeln sind. Nicht zu harte und weiche trockene Hölzer gewähren oft weit schönere und reinere Schnitte, wenn man sie trocken schneidet, als wenn man sie vorher einweicht. Hier wird man sich eben erst durch eigene Versuche über die Behandlungsweise ein Urtheil fällen müssen. Harzreiche Hölzer bringt man einige Tage in Alkohol oder digerirt sie kürzere oder längere Zeit in starkem Weingeist, in welchem Falle man vor dem Schneiden ihre Schnittfläche mit demselben Mittel befeuchtet.

Zur Erlangung zarter Durchschnitte von sehr grosszelligen, stark vertrockneten Holzarten, ebenso von anderen trockenen Pflanzentheilen (Rinden und dergleichen), deren Gewebe beim Schneiden leicht zerbröckeln oder zerreissen würden, benutze ich seit längerer Zeit die von Professor Schacht empfohlene Injection mittelst geschmolzenen Stearins oder noch lieber mittelst einer, mit einer geringen Menge Glycerins versetzten Gelatinelösung, und hat sich mir dieses Verfahren ganz trefflich bewährt. Oft führt hier auch eine, kürzere oder längere Zeit dauernde Maceration in Alkalien die Schneidbarkeit herbei, indem sie die Gewebe erweicht und zusammenhangsfähiger macht.

Behandlung weicher Gewebe, Trocknungs- und Erhärtungsmethoden. — Weit schwieriger, als von den vorigen, sind Schnitte von sehr weichen und saftreichen Pflanzen- und Thiergeweben zu erlangen, welche dem Messer zu geringen Widerstand bieten, so dass dasselbe weniger schneidet, als zerreisst und quetscht. Bei den ersteren genügen indessen für die meisten Fälle und namentlich wenn sie ziemlich grosszellig sind, weniger zarte Schnitte, welche man mittelst eines haarscharfen Rasirmessers mit dünner, hohlgeschliffener Klinge ziemlich leicht herstellen kann, wobei man die letztere zweckmässig vor dem Schneiden etwas stark benetzt. Sollen zartere Schnitte dargestellt werden, so ist es vortheilhaft, wenn man den Pflanzenabschnitt einige Zeit in Weingeist oder absoluten Alkohol legt, wodurch das Gewebe etwas erhärtet. Besonders gute Dienste hat mir der Zusatz von einigen Tropfen Nelkenöl zu dem letzteren Mittel bei protoplasmareichen Geweben geleistet. Die Schnittfläche feuchtet man dann ebenfalls mit Weingeist an. Noch besser führt in manchen Fällen die schon von Schleiden empfohlene Behandlungsweise zum Ziel, welche sich auch auf manche weiche thierische Gewebe mit Vortheil anwenden lässt. Man tränkt nämlich den Gegenstand mit einer dicken Lösung von möglichst reinem und farblosem arabischem Gummi, welcher man, damit sie beim Erhärten nicht zu spröde wird, etwas Zuckersyrup (Syrupus simplex der Apotheken) oder einige Tropfen Glycerin zusetzt, und lässt diese an der Luft langsam eintrocknen. Die von den derart behandelten Gegenständen gewonnenen zarten Schnitte bringt man dann in ein Schälchen mit Wasser, welches das Gummi löst, während die Zellhäute durch Wasseraufnahme wieder ihre Spannung annehmen, so dass das Gewebe wie im frischen Zustande erscheint. Das Doppelmesser leistet nach meinen Erfahrungen für derartige Pflanzengewebe keine Dienste und kann wenigstens niemals die geschickte Führung des Rasirmessers ersetzen. Dagegen gewährt dasselbe einigen Vortheil bei nicht zu weichen thierischen Geweben, bei denen es darauf ankommt, ganz feine Schnitte in frischem, unverändertem Zustande zu erhalten. Ehe man damit schneidet, muss dafür Sorge getragen werden, dass die beiden Klingen gehörig benetzt sind. Dies wird dadurch erreicht, dass man das Instrument entweder unter Wasser schliesst, oder dass man dasselbe, nachdem

die Klingen in die erforderliche Stellung gebracht worden sind, ins Wasser taucht, welches sich dann vermöge der Adhäsion zwischen die Klingen zieht. Den Schnitt führt man derart, dass man ihn mit dem dem Hefte zunächst gelegenen Theile beginnt und ohne zu sägen unter sanftem Zuge nach dem Körper gegen die Spitze hin führt. Hierauf öffnet man die Klingen etwas, um das zwischen ihnen befindliche Präparat mittelst eines in Wasser getauchten Pinsels heraus zu spülen. Aber auch nach dieser Seite hin bleibt die Anwendung des Doppelmessers und ähnlicher, für gleiche Zwecke erfundener Instrumente immerhin eine ziemlich beschränkte, da bei ihrem Gebrauche das zu behandelnde Gewebe eine gewisse Dicke haben muss. Wo mehr oberflächliche Schnitte zu führen sind, da wird man sich doch meistens wieder zu dem Rasirmesser oder zu einem guten Skalpelle wenden, oder falls die allzugrosse Weichheit der Gewebe deren Anwendung hinderlich ist, zu dem Seite 257 beschriebenen lanzettartigen Messerchen seine Zuflucht nehmen müssen. Beim Gebrauch dieses letzteren wird die mit Wasser befeuchtete Spitze flach unter der Oberfläche eingestochen und parallel mit dieser fortgeschoben. Der auf solche Weise losgetrennte feine Abschnitt kann dann mittelst einer feinen Scheere vollständig abgelöst werden.

Sind nicht gerade Schnitte von frischen thierischen Geweben erforderlich, oder hat man von dem zu untersuchenden Objecte nicht zu bedeutende Veränderungen in den Structurverhältnissen zu befürchten, so erleichtert man sich die Anfertigung feiner Schnitte wesentlich durch vorgängige Erhärtung. Diese bewirkt man je nach Umständen entweder mittelst Trocknens oder mittelst Durchtränkens von solchen Flüssigkeiten, welche in ähnlicher Weise wie jenes wirken.

Zum Trocknen verwendet man möglichst fettfreie, kleine Stückchen des betreffenden Gewebes, die indessen immerhin eine solche Ausdehnung besitzen müssen, dass sie auch nach dem Einschrumpfen dem Messer eine noch hinreichend grosse Schnittfläche bieten. Man setzt dieselben, vor Staub geschützt, etwa in dem Harting'schen Apparate (Seite 267), solange einer Temperatur von etwa 40 bis 50° Celsius aus, bis sie eine hornartige Beschaffenheit und damit den erforderlichen Grad von Widerstandsfähigkeit gegen das Messer erlangt haben. Zur Beförderung des Trocknens kann man die hierzu bestimmten Gewebetheile oftmals mit Vortheil vorher in Wasser, Essig oder verdünnter Natronlauge kochen, in heisse, verdünnte Salpetersäure tauchen, oder zwei bis drei Tage in Holzessig weichen. Von so behandelten thierischen Geweben lassen sich, nachdem man die Schnittfläche etwas mit Wasser befeuchtet hat, leicht sehr feine Schnitte gewinnen, die unter Wasser ein Aussehen annehmen, wie die von frischen Geweben gewonnenen. Diese Methode lässt sich indessen nicht immer mit Vortheil anwenden. Manche Gewebe schrumpfen nämlich durch das Trocknen so ein, dass ihre Elementarorgane in Wasser gebracht ihre früheren Formen und relativen Grössenverhältnisse nicht wieder erlangen; bei anderen nehmen dieselben durch das Aufweichen ein

grösseres Volumen an oder kleben durch das Trocknen mehr oder minder fest zusammen.

Unter solchen Umständen ist das Erhärten, welches durch längere oder kürzere Zeit dauernde Behandlung mit bestimmten Flüssigkeiten vollzogen wird, dem Trocknen vorzuziehen. Hierbei ist aber zu beachten, dass diese Flüssigkeiten in den Geweben mechanische und chemische Veränderungen sowie verschiedene Färbungen hervorbringen, welche man von den Beobachtungsresultaten sorgfältig zu eliminiren trachten und mit denen man sich daher im Voraus durch eigene Anschauung bekannt machen muss.

Welche von den verschiedenen in Vorschlag gebrachten erhärtenden Flüssigkeiten und in welcher Concentration man sie in einem gegebenen Falle zu wählen hat, darüber müssen einestheils die chemische und histiologische Zusammensetzung des betreffenden Gewebes, anderentheils die im sechsten Abschnitte besprochene Wirkungsweise der anzuwendenden Lösungen entscheiden, und haben darüber die speciellen Untersuchungsmethoden zu handeln.

Im Allgemeinen finden die im Folgenden genannten, zum Theil schon in dem vorigen Abschnitte näher charakterisirten chemischen Agentien die meiste Anwendung.

Verdünnter, etwa 10- bis 15procentiger Weingeist bringt unter allen erhärtenden Flüssigkeiten in den meisten Geweben die geringsten Veränderungen hervor. Derselbe eignet sich namentlich für faserige Gewebe, welche darin so fest werden, dass man mittelst eines scharfen Messers leicht zarte Schnitte davon entnehmen kann. Stärkerer Weingeist, in welchem die Gewebe immer mehr oder weniger erheblich schrumpfen, verlangt eine sorgsame Verwendung. Am leichtesten gelangt man damit zu befriedigenden Resultaten, wenn man das zu erhärtende Gewebe zuerst in verdünnten, dann nach und nach in stärkeren Weingeist und endlich in absoluten Alkohol legt. Werden auch durch diese Behandlungsweise die betreffenden Objecte immer etwas in ihrer feineren Structur getrübt, so erhalten sich doch ihre Elementartheile gehörig gesondert, so dass man sie recht gut in ihrer natürlichen Abgrenzung erkennen kann, und ausserdem hat man in dem Glycerin ein vortreffliches Aufhellungsmittel solcher getrübten Präparate.

Für einzelne Gewebetheile eignen sich als Erhärtungsmittel vorzugsweise die Seite 282 beschriebenen Alkoholgemische, indem dieselben die erhärtende mit der aufhellenden Eigenschaft vereinigen.

Stark verdünnte Chromsäure wird häufig zum Erhärten verwendet und lässt sich auch für manche Gewebearten, namentlich für alle Theile des centralen und peripherischen Nervensystems, weit besser als der Alkohol gebrauchen. Sie hat aber die Unannehmlichkeit, dass sie den mit ihr behandelten Geweben eine gelbgrüne Färbung ertheilt, wodurch dieselben häufig etwas zu undurchsichtig werden, wogegen jedoch die Vermeidung zu starker Concentrationsgrade hinreichenden Schutz gewährt.

Die Verwendung der Chromsäure bedarf überhaupt grosser Vorsicht, wenn man sein Ziel erreichen will, und man sollte es sich zur Regel machen, möglichst mit den stärkeren Verdünnungsgraden zu operiren. Je frischer der zu erhärtende Gewebetheil ist, desto verdünntere Lösungen sind anzuwenden. Am vortheilhaftesten bewährt es sich, wenn man die Erhärtung gradweise vornimmt. Zu dem Ende legt man nicht zu umfangreiche Stückchen in eine Lösung von 1 Theil Säure auf 500 Theile Wasser und geht dann nach einigen Tagen zu einer Lösung von 1 Theil Säure auf 200 bis 100 Theile Wasser über, in welcher das Gewebe solange verbleibt, bis es den gewünschten Härtegrad erreicht hat, wozu je nach Umständen einige Tage, hier und da wohl auch einige Wochen erforderlich sind. Statt der Chromsäure verwendet man auch das doppelt-chromsaure Kali in der im vorigen Abschnitte (Seite 279) erwähnten Stärke. Bei sehr delicaten Structurverhältnissen gebraucht man das Salz in Verbindung mit der Säure, indem man zuerst eine 3- bis 5procentige oder schwächere Lösung des ersteren und dann eine $^1/_{10}$- bis $^1/_4$procentige der letzteren verwendet. Vor der Säure hat das Salz namentlich auch den Vorzug, dass es keine Schimmelbildung aufkommen lässt.

Salpetersäure kann in einzelnen Fällen Anwendung finden. Man muss aber die so erhärteten Präparate sorgfältig mit Wasser aussüssen, um zu verhüten, dass die Messerklingen angegriffen werden.

Sublimatlösung (1 oder 2 Theile Sublimat auf 100 Theile Wasser) findet nur bei der Untersuchung der Capillargefässe mit noch in ihnen enthaltenen Blutkörperchen Anwendung, da selbst bei einer so starken, wie oben angegebenen, Verdünnung die Gewebe einestheils zu stark schrumpfen, anderntheils sehr undurchsichtig werden.

Das kohlensaure Kali (1 Theil auf 4 bis 8 Theile Wasser) eignet sich zur Erhärtung einzelner und vorzugsweise solcher Gewebe sehr gut, welche nicht reich an Proteïnverbindungen sind.

Der von mehreren Seiten empfohlene Holzessig scheint mir nur einer beschränkteren Verwendung fähig zu sein, da derselbe zu starke Veränderungen in den Geweben hervorbringt. Jedenfalls kann er nur unter Beobachtung der grössten Vorsicht angewendet werden. Dagegen wird das von Professor Rindfleisch empfohlene Nelkenöl für die Erhärtung des Körperparenchyms niederer Thiere mit Vortheil benutzt werden können. Wenige Tropfen als Zusatz zu Alkohol befördern dessen erhärtende Eigenschaften, ohne den betreffenden Geweben wesentlich zu schaden.

Durchschnitte ungleich harter, flacher und sehr kleiner Gegenstände. — Weit mehr Schwierigkeiten, als die Weichheit überhaupt, bietet der Herstellung eines guten Präparates eine sehr ungleiche Härte einzelner Gewebetheile da, wo der Schnitt zugleich durch ganz weiche und harte Stellen geführt werden muss, wie dies z. B. bei Untersuchungen über die Entstehung der Elemente des Holzes und Bastes aus dem Cambium

der Fall ist. Um hier bei dem Schneiden ein Zerreissen an den Uebergangsstellen aus den weichen in die härteren Partieen möglichst zu vermeiden, verfährt man am besten so, dass man entweder aus den härteren in die weicheren Gewebetheile hinüberschneidet, oder dass man, indem die Klinge in schiefer Richtung gegen den Verlauf der verschiedenen Gewebepartieen gehalten wird, den Schnitt zugleich durch sämmtliche Gewebetheile führt. Die allerschärfsten Messer und die behutsamste und sicherste Führung derselben sind hierbei unerlässliche Bedingungen zum Gelingen. Ausserdem muss man sich mit einem gehörigen Maasse von Geduld waffnen, um nicht durch manche misslungene Versuche abgeschreckt zu werden. Wo die Veränderungen in dem stickstoffhaltigen Zellinhalte nicht entgegenstehen, unterstüzt man das Gelingen der Schnitte wesentlich dadurch, dass man den betreffenden Pflanzentheil während eines oder einiger Tage in Alkohol legt, wodurch die weicheren Gewebetheile eine grössere Widerstandsfähigkeit erlangen und die Ungleichheit in gewissem Maasse aufgehoben wird.

Grössere, aber sehr dünne oder platte Gegenstände, welche sich unter dem Drucke des Messers umbiegen würden, wie zarte Pflanzenblätter, thierische Häute, Moosstengel und dergleichen schneidet man am zweckmässigsten zwischen reinen, ausgesuchten Korkplättchen, oder noch besser zwischen Plättchen von Hollundermark, welches sich namentlich für zartere, keinen starken Druck vertragende Gegenstände eignet. Man kommt auf diese Weise viel sicherer und leichter zum Ziele als durch senkrecht geführte, sogenannte Wiegenschnitte gegen den horizontal auf eine härtere Unterlage gelegten Gegenstand. Durch das Doppelmesser kann unter diesen Umständen bei den meisten, namentlich vegetabilischen Gegenständen das Schneiden aus freier Hand kaum ersetzt werden.

Man verfährt bei dieser Präparationsweise folgendermaassen. Zwischen zwei ebene Kork- oder Hollundermarkplättchen bringt man den Gegenstand in die geeignete Lage und klemmt dann das Ganze zwischen die Backen eines kleinen (zuerst von Schacht empfohlenen) Handschraubenstocks, indem man jene etwa 1 bis 2 Millimeter über diese hervorragen lässt. Zunächst bildet man eine glatte, ebene Schnittfläche und nimmt hierauf mittelst eines scharfen Messers zarte Schnitte quer durch die Plättchen, womit man zugleich äusserst feine Durchschnitte des zu untersuchenden Objectes erhält, die sich in Wasser gebracht leicht mittelst der Nadel von den anhängenden Kork- oder Hollundermarkabschnitten trennen lassen. Sind die kleinen Gegenstände rund, wie Moosstengel, kleine Samen und dergleichen, so schneidet man passende Rinnen in die Plättchen, um sie aufzunehmen. Gegenstände von sehr kleinem Durchmesser, wie Moosblätter, Haare, vereinigt man zweckmässig, ehe man sie zwischen das Hollundermark bringt, durch Gummilösung, weil sie dann eine grössere Schnittfläche von gleicher Beschaffenheit darbieten, was nicht wenig zum besseren Gelingen der Durchschnitte beiträgt. Für Körperchen von grösserer, doch nicht zu bedeutender Härte, wie kleine

Samen etc., bei denen der Unterschied gegen Kork oder Hollundermark so gross sein würde, dass er ein Hinderniss für die Gewinnung recht zarter Durchschnitte abgäbe, habe ich mit Vortheil dünne, mit kleinen Rinnen versehene Plättchen von weichen Laubholzarten, Pappel- oder Lindenholz, benutzt, mit denen ich den Gegenstand mittelst Gummilösung fest vereinigte.

Sehr weiche und zart organisirte kleine Gegenstände, welche selbst den Druck zwischen Hollundermark nicht vertragen würden, legt man in der richtigen Lage zwischen Daumen und Zeigefinger, welche man etwas befeuchtet hat, damit jene leichter anhaften. Schneidet man dann mittelst eines hohl geschliffenen Rasirmessers zwischen beiden durch, so erhält man den kleinen Körper halbirende Durchschnitte und kann hierauf, indem mit den beiden Hälften das gleiche Verfahren wiederholt wird, hinreichend dünne Plättchen von denselben erhalten.

Alle diese Verfahrungsarten bedürfen natürlich je nach der Art und Beschaffenheit des Objectes mannigfacher Abänderungen, deren wir bei den speciellen Untersuchungsmethoden zu gedenken haben werden.

Durchschnitte von ganz kleinen, mit dem blossen Auge kaum sichtbaren Körperchen, wie von Stärkemehl, Pollenkörnern, Sporen u. s. w., erhält man am leichtesten, wenn man dieselben mit einer dicken, aus 1 Drachme Gummi arabicum, 1 Drachme Wasser und 20 Tropfen Glycerin bestehender Gummilösung mischt und eintrocknen lässt. Recht gut hat sich mir für diese Präparation das von Schacht empfohlene Verfahren erprobt. Eine dicke, 1 bis 2 Zoll lange, durch einen sauberen Querschnitt an dem einen Ende völlig geebnete Stange von trockenem Hollundermark überzieht man mit einer Schicht der beschriebenen Lösung und lässt diese bei aufrechter Stellung der Stange eintrocknen. Hierauf trägt man eine zweite Gummischicht auf und streut in diese die betreffenden Gegenstände ein. Ist auch diese Schicht getrocknet, so trägt man eine dritte auf, so dass die kleinen Körperchen vollständig von Gummi umschlossen werden. Nachdem der passende Grad von Trockenheit erreicht ist, wobei das Gummi weder zu weich noch zu hart und spröde sein darf, macht man mit einem äusserst scharfen Rasirmesser höchst feine Durchschnitte. Ist man mit diesen erst einmal bis zu der mittleren Partie gelangt, dann erhält man in den zarten Schnitten der Gummimasse auch immer höchst feine Durchschnitte von den zu untersuchenden Objecten. Diese werden dadurch von dem anhängenden Gummi befreit, dass man sie auf einer Objecttafel in einen Tropfen Wasser bringt. Da man hierbei natürlicherweise die Richtung des Schnittes durch die kleinen Objecte nicht in seiner Gewalt hat, so werden zur Beobachtung immer nur einzelne Schnitte tauglich sein, die man erforderlichen Falles unter dem zusammengesetzten oder einfachen Mikroskope von den anderen trennen muss. Nach einer anderen Methode kann man die kleinen Körperchen auch mit der Gummimasse zusammenkneten und dann mittelst einer innen geölten Papierhülse, in welche die Mischung eingefüllt

wird, kleine Stäbchen herstellen, von denen sich äusserst zarte Schnittchen nehmen lassen.

Schliffpräparate. — Eine ganze Reihe von Körpern, wie manche Samenschalen, Knochen, Zähne, Muschelschalen und dergleichen, lassen wegen ihrer bedeutenden Härte den Gebrauch selbst des besten und schärfsten Messers nicht mehr zu. Um von diesen Gegenständen zur mikroskopischen Beobachtung taugliche Durchschnitte zu erhalten, muss man zu Säge und Schleifstein greifen. Ich habe in der letzteren Zeit mehrfach das von Reinicke beschriebene Verfahren angewendet und kann dasselbe als höchst zweckmässig und praktisch empfehlen. Mittelst der Seite 262 beschriebenen feinen Uhrfedersäge schneidet man zuerst eine Lamelle aus, deren Dicke sich nach der Beschaffenheit des zu behandelnden Körpers richten muss. Frische Knochen, harte Fruchtschalen u. s. w. gestatten z. B. Durchschnitte von Bruchtheilen eines Millimeters, während man von Zahnkronen, Muschelschalen und ähnlichen Gegenständen solche von mehren Millimeter Dicke zu entnehmen hat, weil sonst ein Zerbrechen der Lamellen zu befürchten ist. Eine mehr als unbedingt nothwendige Dicke schadet bei diesem Verfahren indessen nicht, weil man mit dem Schleifen doch immer noch schnell genug zum Ziele kommt.

Ist der Gegenstand gross genug, so hält man ihn beim Sägen einfach mit der linken Hand. Kleinere Gegenstände klemmt man zweckmässig in den oben erwähnten kleinen Handschraubstock oder in einen an dem Tische befestigten grösseren Schraubstock ein, oder kittet dieselben, wenn sie zu klein sind, auf Holz fest.

Die so gewonnenen Abschnitte müssen durch Schleifen weiter zubereitet werden, wobei man am zweckmässigsten die eine Fläche vollendet, ehe man zu der zweiten übergeht.

Zu der ersten Bearbeitung verwendet man einen etwa 6 bis 8″ im Durchmesser haltenden, feinkörnigen, in jeder Werkzeughandlung um geringen Preis zu erstehenden, während des Schleifens stets nass zu haltenden Schleifstein. Während man diesen mit der linken Hand dreht, wird der, erforderlichen Falles auf ein Holzstäbchen oder eine Glasplatte festgekittete Abschnitt mit einem oder zwei Fingern der rechten gegen dessen Seitenfläche gedrückt und mit dem Schleifen so lange fortgefahren, bis das Präparat die gewünschte Dünne erreicht hat, was in der Regel nach wenigen Minuten der Fall sein wird.

Um die bei dem ersten Rohschleifen verursachten Unebenheiten, Streifen u. dergl. zu beseitigen, geht man zu dem Schleifen auf einem harten, recht feinkörnigen Abziehsteine über. Kleine Körperchen, welche man nicht mehr gut mit dem Finger über diesen Stein führen kann, bedeckt man dabei zweckmässig mit einem Stückchen Kork oder Leder, womit dieselben sich sehr gut festhalten lassen.

Hat man letztere Arbeit, unter stetem Nasshalten des Steines, so lange fortgesetzt, bis die beiden Flächen der dünnen Platte so glatt sind, dass

der Stein nicht mehr länger wirken will, so geht man zum Poliren über. Dieses nimmt man am besten auf einem etwa 8 bis 10″ langen, 4 bis 5″ breiten Stückchen weichen Leders vor, welches, mit der glatten Seite nach oben gewendet, auf ein passendes Brettchen befestigt wurde. Als Polirmittel verwendet man gewöhnlichen Tripel, welchen man auf das Leder einreibt. Die ganze Operation wird ebenso vollführt wie das Feinschleifen. Man hat sich indessen, ehe die Arbeit als beendigt angesehen werden darf, stets durch Betrachtung bei auffallendem Lichte mit der Lupe oder dem Mikroskope zu überzeugen, ob eine vollkommene Glättung erreicht ist und nicht etwa noch hier und da Streifen übrig geblieben sind. Sollte dieses der Fall sein, so muss zu dem Polirriemen, und wenn jene zu tief sind, um durch das Poliren beseitigt werden zu können, zum Abziehsteine zurückgegangen werden, bis der erforderliche Grad von Vollendung erreicht ist.

Ist auf diese Weise die eine Fläche fertig gemacht, so geht man zu der zweiten über und unterwirft sie einer gleichen Behandlung. Man kittet zu dem Ende, um das Präparat, namentlich wenn es sehr dünn werden muss, nicht dem Zerbrechen auszusetzen, das Plättchen mittelst Canadabalsams auf einen Objectträger, was auch schon deshalb zweckmässig ist, weil man dann den Schliff öfter mittelst durchfallenden Lichtes betrachten und über den erforderlichen Grad von Durchsichtigkeit urtheilen kann. Hat man die gewünschte Dünne mittelst Schleif- und Abziehstein erreicht, so schreitet man zum Poliren, was wegen des als Kitt verwendeten Balsams immer einige Vorsicht verlangt. Es ist daher zunächst dafür Sorge zu tragen, dass der überflüssige Balsam am Rande des Präparates vollständig entfernt wird, weil derselbe sich beim Reiben erwärmen, erweichen und dann das Leder verunreinigen würde. Die Beseitigung gelingt leicht durch Abwischen mittelst Alkohols oder Aethers, wobei man übrigens darauf achten muss, dass das Lösungsmittel nicht auch unter das Präparat dringt und dort den Kitt auflöst. Bei solchen Präparaten, die gross genug sind und ohne Gefahr des Zerbrechens behandelt werden können, thut man am besten, wenn man sie ganz ablöst und sorgfältig von Balsam reinigt. Man führt dieselben dann mittelst des blossen Fingers über das Leder. Geht dies indessen nicht an, so darf das Plättchen nicht zu stark und nicht zu lange anhaltend gerieben werden, weil sich sonst der Balsam erwärmt und ersteres sich ablöst. Eine öfter wiederholte mikroskopische Betrachtung wird über den erreichten Grad der Vollendung Aufschluss geben. Aufgekittete Präparate können nach Erreichung der letzteren, falls man dieselben nicht unter einer bestimmten Flüssigkeit zu untersuchen oder aufzubewahren wünscht, nachdem die obere Fläche gereinigt ist, gleich mit einem Deckgläschen bedeckt werden und sind fertig. Die mit freier Hand polirten aber müssen nach vorhergegangener Reinigung gemäss einer der später zu beschreibenden Methoden eingelegt werden.

Fossile Gegenstände des Thier- und Pflanzenreiches lassen sich mittelst

der beschriebenen Methode nur dann behandeln, wenn die versteinernde Masse aus kohlensaurem Kalke besteht. Kieselhölzer und dergleichen aber wird man, wenn man sich nicht einen Schleifapparat anschaffen will, selten selbst bearbeiten können. Man lässt hier das Schleifen am besten von dem Steinschleifer verrichten, wobei allerdings der Uebelstand eintritt, dass die Präparate, wenn man dem Arbeiter in Bezug auf die Richtung des Schliffes nicht selber die nöthige Anleitung ertheilen kann, selten vollkommen befriedigend ausfallen.

Isolirung der Elementarorgane. — Für gewisse Untersuchungen reichen Durchschnitte nicht aus und man ist genöthigt, derartige Präparate noch weiter zu zerlegen. Dieses gilt namentlich für alle Fälle, wo es sich nicht allein um die relative Lage der ein Gewebe zusammensetzenden Elementartheile handelt, sondern wo man gerade diese selbst auf das Genauste kennen lernen will. Hier kommt es darauf an, letztere gehörig voneinander zu trennen, um sich von ihnen eine gesonderte und möglichst allseitige Ansicht zu verschaffen.

Ebenso ist bei morphologischen Untersuchungen der Pflanzenorgane, bei der Entwickelungsgeschichte des Blattes und der Blüthe, bei Studien über die Befruchtung der Sporen- und Samenpflanzen u. s. w., ebenso bei der Untersuchung mancher niederen Thiere in der Regel die Anfertigung von Durchschnitten entweder gar nicht oder doch nur in beschränktem Maasse ausführbar und zulässig. Hier wird die Isolirung der entsprechenden Theile und eine Befreiung derselben von störenden, die Beobachtung hindernden Organen und Organentheilen am besten zum Ziele führen.

Man verwendet zu diesen Arbeiten die Seite 263 beschriebenen Präparirnadeln und präparirt entweder mit freiem Auge, mittelst der Lupe oder unter dem Mikroskope. In den schwierigeren Fällen, wo die zusammensetzenden Elementartheile sehr zart und klein sind, wird man immer zu den letzteren greifen müssen. Das einfache Mikroskop, in der früher beschriebenen Weise ausgestattet, dient, so lange man nicht über eine 50-fache Vergrösserung hinaus zu gehen nöthig hat, diesem Zwecke am besten. Bedarf man höherer Vergrösserungen, so muss man sich allerdings dem zusammengesetzten Mikroskope zuwenden. Eigens zum Präpariren construirt sind die früher, Seite 204 bis 206, beschriebenen bildumkehrenden Mikroskope. Es lässt sich indessen hierzu das Arbeitsmikroskop leicht herrichten, wenn man entweder das bildumkehrende Ocular oder das Nachet'sche umkehrende Prisma anwendet. In der Regel wird man aber kaum nöthig haben, zu diesen letzteren Hilfsmitteln zu greifen, sondern wenn man nur einmal mit Ernst den Versuch macht, ganz gut mit dem gewöhnlichen Mikroskope zum Ziele kommen. Die Umkehrung, welche das Compositum bewirkt, ist wie ich mich aus eigener Erfahrung hinlänglich überzeugt habe, für die Handhabung der Nadeln durchaus kein Hinderniss. Man hat sich durch die Beobachtung nach und

nach so an die Umkehrung der auszuführenden Bewegungen gewöhnt, dass man dieselbe ganz unwillkürlich in der zweckmässigen Weise vornimmt. Mir ist es im Gegentheile öfter vorgekommen, dass ich, nachdem ich längere Zeit anhaltend mit dem zusammengesetzten Mikroskope gearbeitet hatte, unter dem einfachen Mikroskope nicht sogleich zurecht kam und mich erst wieder an die geradläufige Bewegung gewöhnen musste. Ein weit grösserer Uebelstand als die Bildumkehrung ist der weite Abstand der operirenden Hände von dem Auge, was die Sicherheit der Bewegungen allerdings etwas beeinträchtigt. Aber auch diese Schwierigkeit lässt sich bei einiger Geduld überwinden. Ist das Mikroskoprohr zum Verkürzen eingerichtet, so erleichtert man sich ausserdem durch eine solche die Arbeit sehr, wenn man bei verkürztem Rohre noch die erforderliche Vergrösserung herausbringt.

Die Zerlegung der Gewebe in ihre Elementarorgane ist eine der schwierigeren Operationen, namentlich, wenn es gilt, ein bestimmtes Organ von den es umgebenden zu befreien, ohne dass es dabei leidet. Die Vergrösserung der Nadelspitzen und aller stattfindenden Bewegungen thun dabei das ihrige. Ich kann daher dem Anfänger nicht dringend genug empfehlen, sich ernstlich in dieser vorbereitenden Arbeit zu üben. Passende Objecte dazu wird er in dem speciellen Theile finden.

Während man die Isolirung mittelst der Nadeln bei den meisten thierischen Geweben in frischem Zustande vornehmen kann, bietet sich denselben bei der grössten Zahl der Pflanzengewebe und manchen Thiergeweben in deren festem Zusammenhange ein bedeutendes Hinderniss dar. Man muss bei ihnen daher noch eine vorbereitende Arbeit vornehmen, um durch künstliche Mittel eine so weit gehende Lockerung, beziehungsweise Trennung der Elementarorgane hervorzurufen, dass man die Nadeln mit Erfolg anwenden kann.

Eines der einfachsten Verfahren dieser Lockerung — Maceration — der Pflanzengewebe besteht darin, dass man kleinere, 1 bis 2 Millimeter dicke, einige Millimeter lange Stückchen des vorzubereitenden Objectes in Wasser der Fäulniss aussetzt. Bei manchen Gegenständen, namentlich bei weicheren Pflanzentheilen, erfolgt die Lösung der die Gewebtheile verkittenden Substanzen nach einigen Tagen, bei anderen härteren Geweben bedarf es dagegen längerer Zeit, oft mehrerer Wochen, ehe man zum Ziele kommt. Wo dieser Methode der längeren Dauer wegen nichts im Wege steht, da ziehe ich sie jeder anderen vor, da bei ihr die Zellstoffhülle und ihre Verdickungsschichten am wenigsten verändert werden, und die isolirten Elementarorgane fast vollkommen dem frischen Zustande gleich kommen. Ist jedoch durch den Gang der Untersuchung ein längere oder kürzere Zeit dauerndes Zuwarten ausgeschlossen, dann muss man zu einem rascheren Verfahren schreiten. Bei weichen Geweben mit grossen dünnwandigen Zellen genügt häufig schon kürzere oder längere Zeit dauerndes Kochen mit Wasser, um den Zusammenhang hinreichend zu lockern. Ein geringer Zusatz von Aetzkalilösung befördert die Wir-

kung oft noch. Aus stark verholzten Zellen zusammengesetzte Gewebe verlangen eine etwas energischere Behandlung. Bei ihnen wendet man das Kochen mit Aetzkalilauge oder mit dem Schultz'schen Gemisch von Salpetersäure und chlorsaurem Kali an. Zarte Quer- oder Längsschnitte bringt man in ein Uhrschälchen, gibt etwas Salpetersäure und einige Körnchen chlorsaures Kali hinzu und erwärmt dann vorsichtig kurze Zeit über der Spirituslampe, so dass sie noch nicht in ihre Elemente zerfallen. Hierauf bringt man das Uhrglas sammt seinem Inhalte in eine Schale mit reinem Wasser, fängt die umherschwimmenden Schnittchen auf einem untergehaltenen Objectträger auf, oder hebt sie mittelst einer Glasnadel heraus und überträgt sie in ein Uhrgläschen mit Wasser, um sie über der Spirituslampe hierin und dann nochmals in Alkohol auszukochen. Verfährt man bei diesen Operationen recht vorsichtig, so wird man selten ein Präparat verlieren und haben bei nachfolgender Anwendung von Reagentien eine Entwickelung von Säuredämpfen, welche auch in sehr geringen Mengen schädlich auf das Instrument wirken könnten, nicht zu fürchten. Wo die Behandlung zarterer Schnitte nicht ausdrücklich geboten ist, da zerkleinert man den betreffenden Gegenstand in Stücke von 1 bis 2 Millimeter Dicke und entsprechender Länge, bringt diese in ein dünnwandiges Reagensglas, fügt etwa das dem Gegenstande gleichkommende Volumen von chlorsaurem Kali hinzu, giesst soviel Salpetersäure auf, bis alles damit bedeckt ist, und erhitzt über der Spirituslampe so lange, bis eine lebhafte Gasentwickelung eintritt. Dann entfernt man den Reagenscylinder von der Flamme, lässt das Gemisch noch einige Minuten einwirken und giesst den Inhalt in eine Schale mit Wasser. Hierauf kocht man die noch zusammenhängenden Stückchen ein- oder einigemale in Wasser, dann in Alkohol und zuletzt wieder in Wasser aus. Das Gewebe ist jetzt soweit gelockert, dass man dasselbe unter dem Präparirmikroskope mittelst der Nadeln in seine einzelnen Elemente zerlegen kann.

Die letztere Verfahrungsweise wirkt immer mehr oder minder chemisch verändernd auf die Substanz der Gewebe ein, was wohl zu beachten ist. Oft ist indessen, wie wir im besonderen Theile näher erfahren werden, diese Wirkungsweise gerade der Grund, weshalb man sie anwendet. Ausserdem hellt das Schultz'sche Macerationsgemisch die Gewebe sehr stark auf und erschwert die leichte Erkennung mancher Structurverhältnisse, obwohl es andere durch seine Einwirkung gerade wieder deutlich macht.

Ich gebe für alle solche Präparate, über die Structur von Gefässen und einzelnen Zellenarten, welche zum Aufbewahren bestimmt sind, wo dasselbe irgend ausführbar ist, der Maceration durch Fäulniss den Vorzug. Dagegen ist jene durch Salpetersäure und chlorsaures Kali überall da zu empfehlen, wo man sich über die feinere Structur der secundären Verdickungsschichten unterrichten will, was eine Zerfaserung der Zellstoffhülle durch die Nadel bedingt. Der Zellstoff erreicht dadurch, mit Ausnahme einiger Bastzellen, welche brüchig werden, in Folge der

Entfernung oder Umwandlung der sogenannten incrustirenden Substanzen, neben der Lockerung einen gewissen Grad seiner ursprünglichen Dehnbarkeit wieder, wodurch es möglich wird, die einzelnen Schichten voneinander loszulösen und auf grössere Strecken auseinanderzuziehen, ohne dass sie zerreissen.

Die Maceration der thierischen Gewebe, deren Unterschiede in Bezug auf die zusammensetzenden Elementarorgane weit grösser sind als jene der Pflanzengewebe, verlangt mehr Besonderheiten in der Auswahl der Reagentien und deren Concentration sowohl, als in der sonstigen Behandlungsweise. Ausser dem, was bei Gelegenheit der Aufzählung der Reagentien in dieser Beziehung angedeutet worden ist, wird es daher den speciellen Untersuchungsmethoden vorbehalten bleiben müssen, die bezüglichen Verfahrungsweisen näher zu erörtern.

Anwendung der sogenannten morphologischen Reagentien.

An die Isolirung durch Maceration und Nadel reihen sich zunächst diejenigen Einwirkungen, die man mittelst jener chemischen Mittel zu erreichen sucht, welche unter dem Namen der morphologischen Reagentien aufgeführt werden. Diese Einwirkungen bezwecken nämlich gewisse Structurverhältnisse und Elementarorgane dadurch kenntlicher zu machen, dass man sie entweder durch die geeigneten Mittel aus dem Zusammenhange mit anderen löst, ohne sie gerade für sich isolirt darzustellen, oder die Sichtbarkeit durch chemische Umwandlung ihrer Substanz, durch Aenderung ihrer Form oder durch Färbung erhöht.

Endosmotische Reagentien. — In der Pflanzenhistiologie sind in dieser Beziehung namentlich die sogenannten endosmotischen Reagentien, wie Alkohol, Zuckerwasser, Kochsalzlösung etc. in mehr oder minder hohen Verdünnungsgraden, von Wichtigkeit, welche den eigentlichen Zellkörper, und zwar die Membran (Primordialschlauch) sammt dem Zellinhalte von der Zellstoffhülle abziehen und dadurch zur Anschauung bringen. Ferner können Essigsäure oder verdünnte Salpetersäure sowie sehr verdünnte Lösung von Sublimat dazu dienen, um den Zellkern und die Protoplasmaströmchen deutlicher hervortreten zu lassen. Bei der Anwendung setzt man diese Reagentien in der weiter unten bei den chemischen Reactionen näher geschilderten Weise der Zusatzflüssigkeit tropfenweise zu, um einestheils die Steigerung der Einwirkung in der Hand zu haben, anderntheils die hervorgerufenen Erscheinungen gradweise verfolgen und studiren zu können.

Aufhellung thierischer Gewebe. — In der thierischen Histiologie verwendet man neben Schwefel-, Chrom- und Salzsäure namentlich die Essigsäure und das Aetzkali oder Aetznatron als sichtbar machende Mittel.

Die Schwefelsäure dient vorzugsweise, um das häufig nur schwer

sichtbare Epithel der thierischen Haare zu isoliren, dann zum genauen Studium der Horngebilde, deren Zellen dieselbe, in concentrirtem Zustande oder mit Zuhilfenahme von Wärme angewendet, isolirt und in Folge dessen deutlicher und bestimmter hervortreten macht. In höchst verdünntem Zustande, 1 Theil Säure auf 10000 Theile Wasser, ertheilt sie dem Bindegewebe, welches etwa 24 Stunden damit behandelt wurde, die Eigenschaft, sich in Wasser von etwa 40° C. aufzulösen, so dass in demselben vorkommende andere Formelemente, Bindegewebezellen, elastische Fasern u. s. w. leicht zur Anschauung gebracht werden können.

Die Chromsäure bildet ein vortreffliches Hilfsmittel bei der Untersuchung des centralen Nervensystemes, indem sie mit erhärtenden sichtbar machende Eigenschaften verbindet. Hier dient sie nach O. Deiters namentlich zum Nachweise der feineren Zellenfortsätze und dergleichen. Man darf das Reagens dann aber nur in den feinsten Verdünnungen, 1 Theil Säure auf 5000 bis 10000 Theile Wasser, anwenden und verbindet damit zweckmässig die Einwirkung stark verdünnter Alkalien und einer 0,2- bis 0,1procentigen Lösung von doppeltchromsaurem Kali.

Die Salzsäure dient in weniger stark verdünntem Zustande (5 — 10 : 100) vorzugsweise dazu, um den Knochenknorpel zur Darstellung zu bringen, indem sie die Kalksalze der Knochen löst und jenen zurücklässt. Es lösen sich in derselben ferner die leimgebenden Substanzen und es bleiben die von denselben eingeschlossenen Knochenknorpel und Bindegewebszellen isolirt zurück. Bei sehr starker Verdünnung (1 : 1000) hellt sie das Bindegewebe vorzüglich auf und lässt dessen übrige Formelemente, wie Zellen und elastische Fasern, deutlich hervortreten. Ebenso lässt sich durch die gleiche Verdünnungsstufe das Sarkolemma der Muskelfasern prachtvoll zur Anschauung bringen, indem nach der Lösung des Inhaltes die umgebende Scheide zurück bleibt. Vorzüglich schöne Präparate erhält man hier, wenn erst die soeben erwähnte höchst verdünnte Schwefelsäure eingewirkt hatte. Endlich bietet sich in der höchst verdünnten Säure von 1 : 1000 — 2000 ein ausgezeichnetes Mittel, um die Muskelfaser in ihre Querscheibchen zerfallen zu machen.

Eine ausgedehnte Anwendung zur Sichtbarmachung von Structurverhältnissen findet die Essigsäure. Vor allem ist sie geeignet, die Kerne der thierischen Zelle hervortreten zu lassen, indem sie die meisten Zellen und Gewebe aufquellen und dadurch durchsichtiger macht, oder indem sie selbst Zellhülle und Inhalt auflöst, während die Kerne aber fast unverändert bleiben. In gleicher Weise macht sie die elastischen Fasern, die Bündel glatter Muskeln, die Gefässe, Nerven und Zellen, welche in dem Bindegewebe eingebettet sind, leichter sichtbar, indem sie letzterem einen hohen Grad von Durchsichtigkeit ertheilt.

Vorzügliche Dienste leistet dieses Reagens auch bei der Untersuchung des Nervengewebes. Die Nervenhüllen verkürzen sich durch dessen Einwirkung und es tritt aus den Schnittenden der Achsencylinder

neben der granulirten Marksubstanz hervor; die Nervenzellen erhalten dadurch schärfere Umrisse, und Kerne wie Inhalt werden deutlicher. Vor allem aber eignet sich eine sehr starke Verdünnung, von ein paar Tropfen concentrirter Säure auf etwa 2 Unzen Wasser, zur Aufhellung der Muskeln, an denen man den Verlauf der Nervenendigungen zu studiren wünscht.

Das Aetzkali wird namentlich zur Aufhellung der Structur der Horngewebe gebraucht, indem dessen Zellen darin aufquellen, wodurch sie eine kugelige Gestalt annehmen und bestimmter zu erkennen sind. Als Isolationsmittel von elastischen Fasern, Nervenelementen, Drüsencanälchen wirken mässig verdünnte Lösungen von 1 Theil Aetzkali auf $1^1/_2$ bis 2 Theile Wasser ganz vorzüglich. Namentlich aber haben sich derartige Lösungen von 30 bis 35 Proc. für das Studium der Muskelgewebe von grösstem Nutzen erwiesen. Die contractilen Faserzellen der glatten Muskeln lassen sich mittelst derselben ganz ausgezeichnet isoliren und zur Anschauung bringen, wenn man die ersteren etwa 10 bis 20 Minuten mit der Lauge in Berührung bringt. Ebenso trennen sich die einzelnen Fäden der quergestreiften Muskeln bei einer gleichen etwa gleichlang dauernden Behandlung, indem die Kittsubstanz gelöst wird. Zur Demonstration des Verhaltens der Muskelfasern zu den Sehnen haben wir bis jetzt in der Aetzkalilauge von dem erwähnten Concentrationsgrade das einzige Mittel, vermittelst dessen erst in neuster Zeit die thierische Histiologie zu bestimmten Resultaten gelangt ist. Als Zwischenmittel bei der Untersuchung der zartesten Nervenstructuren gebraucht man eine Mischung von 1 Tropfen Kalilauge auf die Unze Wasser und lässt diese nach der Behandlung mit Chromsäure nur kurze Zeit (1 Stunde) wirken.

Färbung der Elementarorgane. — Eine weite Ausdehnung in der gesammten Histiologie hat das letzte der oben genannten Hilfsmittel, die Färbung gewisser Gewebetheile mittelst passender Flüssigkeiten, erlangt und soweit die vorliegenden Resultate ein Urtheil gestatten, kommt derselben eine kaum zu überschätzende Bedeutung zu.

Man verfolgt bei dieser Methode der Vorbereitung der Beobachtungsobjecte verschiedene Zwecke. Erstlich wendet man die Färbung überall da an, wo sehr zarte, farblose, thierische oder vegetabilische Membranen, Fasern, Zwischensubstanzen und dergleichen einen so hohen Grad von Durchsichtigkeit besitzen, dass dieselben entweder gar nicht oder doch nur höchst unvollkommen in ihren wahren Structurverhältnissen zur Anschauung kommen. Zweitens aber, und dies ist wohl der wichtigere Fall, bezweckt man damit die Sichtbarmachung gewisser Theile der Elementarorgane, Kerne, Protoplasmastränge oder einzelner, in Verbindung mit anderen vorkommender Elementarorgane selbst, um sie so gleichsam isolirt zur Anschauung zu bringen und ihr Verhältniss zu den umgebenden Gewebetheilen zu ermitteln.

Zu dem ersteren Zwecke hat man die Färbung schon seit lange angewendet und eignen sich hierfür je nach Umständen verschiedene der

früher beschriebenen chemischen Reagentien, indem dieselben entweder mechanisch in die betreffenden Membranen u. s. w. eingelagert werden oder mit ihnen chemische Verbindungen eingehen.

Zur Darstellung mancher Structurverhältnisse der vegetabilischen Zellhüllen, zur Erkennung von zarten Streifungen, sehr dünner Membranen und dergleichen, zur Entscheidung, ob kleine Poren mittelst einer feinen Haut verschlossen oder offen sind, eignet sich die Färbung mittelst einer starken alkoholischen Jodlösung ganz gut, möchte aber besser noch durch die blaue Färbung, welche Jod und Schwefelsäure in nicht verholzten Zellstoffhüllen hervorrufen, zu ersetzen sein, die durch chemische Wirkung erzielt wird. Die feinen Wimpern der Schwärmsporen und Samenfäden bringt man wiederum durch Jodlösung zur Ansicht, welche zugleich die Bewegungen aufhebt. Ebenso eignet sich dieses Mittel zur Sichtbarmachung zarter thierischer Zellhäute, feiner Fasern und Wimperfortsätze, durch Wasser unsichtbar gewordener Blutkörperchen und dergleichen.

In ähnlicher Weise wie Jodlösung wirkt auch eine nicht zu sehr verdünnte Chromsäure. Für manche Objecte der thierischen Histiologie dürfte dieselbe der Jodlösung insofern noch vorzuziehen sein, als sie als solche nicht blos färbend wirkt, sondern auch nebenbei deren Brechungsvermögen ändert und dadurch ihre Ränder und Grenzlinien deutlicher hervortreten macht.

Zu jenen Färbungen, wie sie der zweite Fall verlangt, sind die in dem vorigen Abschnitte beschriebenen Lösungen von carminsaurem Ammoniak, Fuchsin, Indigocarmin und Anilinblau vorzugsweise in Gebrauch gekommen. Ausserdem benutzt man in neuerer Zeit das salpetersaure Silberoxyd und die Ueberosmiumsäure. Die ersteren und letzteren dieser Flüssigkeiten verlangen eine verschiedene Behandlungsweise, auf welche wir etwas näher eingehen müssen.

Zur Färbung mittelst der ersteren Lösungen kann man sich einer stärkeren oder geringeren Verdünnung mittelst Wasser bedienen. Namentlich ist dies für die Carminlösung zu beachten, welche in zu hohem Grade der Concentration leicht diffuse Färbungen bewirkt und so die Präparate verdirbt. Die übrigen Lösungen lassen sich meistens in der Form benutzen, wie man sie sich nach der oben gegebenen Vorschrift bereitet hat. Mehrfache Versuche und Erfahrungen werden hier die besten Führer sein.

Die Färbeflüssigkeit bringt man bei der Anwendung in ein Uhrschälchen und trägt dann die zu behandelnden Schnitte mittelst eines fein ausgezogenen Glasstabes ein. Die Zeit des Verweilens der Präparate in der Flüssigkeit muss sich erstlich nach deren Concentration und färbendem Vermögen und dann nach der Beschaffenheit des Objectes richten. Unter Umständen wird das Einlegen von ein paar Minuten genügen, unter anderen Verhältnissen wird man das Object einige Stunden oder noch länger mit dem Färbemittel in Berührung lassen müssen. Einige Uebung

n der Beurtheilung der Farbenintensität wird leicht erworben werden, nd dann den richtigen Moment des Herausnehmens treffen lassen.

Das gefärbte Präparat muss, ehe es zur Beobachtung und Aufbewahung gelangt, je nach der zu wählenden Einhüllung entweder mittelst Vasser, dem unter Umständen ein paar Tropfen Essigsäure zugesetzt verden können, oder mittelst Alkohols ausgewaschen und dann in eine assende, das Färbemittel nicht verändernde Zusatzflüssigkeit gebracht verden, wozu sich von den wässerigen Flüssigkeiten verdünntes Glycerin, nter den Harzen Canadabalsam am geeignetsten erweisen dürften.

Die Färbung mittelst der Lösung von salpetersaurem Silberoxyd at verschiedene Ziele im Auge und bedarf danach die Ausführung eine ntsprechende Aenderung. Soweit die Methode bis jetzt ausgebildet ist, verden indessen noch nicht überall ganz sichere, im Voraus zu bestimmende Resultate erreicht, indem die beiderlei erzielten Wirkungen mehr ufällig oder gar zugleich miteinander auftreten.

Gilt es, den Niederschlag des metallischen Silbers im Inneren von Zellen, feinen Canälchen oder von den Ausläufern der Bindegewebskörperchen zu erzeugen und so deren Hohlsein zu demonstriren, so bringt man die möglichst frischen, von höchstens einen Tag alten Leichnamen ntnommenen Gewebetheile in eine schwache Lösung von 1 Theil Salz uf 400 bis 800 Theile Wasser und taucht sie nach einem längeren Verweilen darin in höchst verdünnte Salzsäure oder in eine schwache Kochalzlösung, oder man setzt dieselben auch in einer concentrirten Kochalz- oder Salmiaklösung liegend längere Zeit dem Einflusse des Liches aus.

Will man dagegen die Zwischenmassen der Epithelien, die sogenannen Kittsubstanzen färben, und sollen die zelligen Elemente von Silberiederschlag frei bleiben, um Zellengrenzen, den Verlauf von Nervenfasern, on feinen Blut- und Lymphgefässen nachzuweisen, so lässt man die betrefenden Präparate nur kürzere Zeit der Einwirkung des Färbemittels ausesetzt und wäscht dieselben sogleich mit reinem Wasser aus. Man erhält ann, wie W. Kühne berichtet, Präparate, die das Aussehen einer umekehrten Silhouette zeigen und ein Bild gewähren, mit dem an Deutlicheit kein anderes mikroskopisches Bild wetteifern kann.

Die Färbungen mittelst der Ueberosmiumsäure liefern im Ganzen wohl ähnliche Bilder. Es bleibt aber, da dieselbe vorerst nur auf das Leuchtorgan von Lampyrus spendidula in ausgedehnterer Weise angewendet worden ist, noch zu ermitteln, welche Elementarorgane und Subtanzen sich für eine Behandlung mit diesem Reagens eignen. Nach einer orübergehenden Bemerkung von Max Schultze soll die Reduction namentlich durch Eiweisskörper und Fett bewirkt werden.

Der Erfolg scheint hier davon bedingt zu sein, dass die betreffenden Gewebetheile in möglichst frischem Zustande in die Säurelösung gebracht werden; wenigstens berichtet Max Schultze, dass ihm die Färbung der ternförmigen Tracheen-Endzellen nur dann gelungen sei, wenn er noch

leuchtende und lebende Thierchen eingelegt habe. Wir werden eben die weiteren Mittheilungen des genannten Forschers abzuwarten haben, um zu erfahren, welcher Ausdehnung diese Methode der Färbung fähig ist.

Injectionsverfahren.

Für manche Gegenstände namentlich aus der thierischen Histiologie genügen die Schnitte nicht vollständig, um alle Einzelnheiten zu erkennen, während Isolirungspräparate sich von denselben gar nicht in der nöthigen Vollkommenheit darstellen lassen, oder wegen der erforderlichen Uebersicht der Gewebetheile nicht zweckdienlich erscheinen. In solchen Fällen bietet die Injection mittelst färbender, nach und nach erstarrender Flüssigkeiten ein vortreffliches Mittel für das Studium einzelner Structurverhältnisse.

Injection von Pflanzentheilen. — In der Pflanzenhistiologie wurde meines Wissens die Injection zuerst von Professor Schacht bei seinen Untersuchungen über die Entstehung und den Bau der Nadelholztüpfel angewendet. Man bedient sich dazu der Luftpumpe. Sehr empfehlenswerth ist das Seite 265, Fig. 208 beschriebene kleine Instrument; man kann indessen mit gleichem Vortheil auch die gewöhnliche Luftpumpe gebrauchen. Als Injectionsmasse ist geschmolzenes Stearin ausgezeichnet, namentlich wenn man zu dem weiter oben berührten Zwecke injicirt. Zu manchen Zwecken mischt man demselben Carmin oder irgend eine andere färbende Substanz bei. Ehe man zu der Injection schreitet, muss der betreffende Gegenstand durch Behandlung mittelst geeigneter chemischer Reagentien gehörig gereinigt werden, und wenn man eine fetthaltende Injectionsmasse verwendet, vollkommen trocken sein. Dann bringt man ihn in kleinen Stückchen entweder unmittelbar in den mit der zu injicirenden Flüssigkeit gefüllten kleinen Recipienten des genannten Instrumentchens oder in ein kleines, mit jener erfülltes Abdampfschälchen unter die Glocke der Handluftpumpe. Im ersteren Falle kann man den ersteren in dem Wasserbade warm und die Masse geschmolzen erhalten, im letzteren Falle reicht eine hinreichend starke Erwärmung der Abdampfschale aus, um die Masse so lange geschmolzen zu erhalten als es nöthig ist. Ich habe meine meisten Injectionen in der letzteren Weise ausgeführt und stets vollkommen befriedigende Resultate erlangt. Zur Injection frischer Pflanzentheile, der Gefässe u. s. w., die indessen nur schwierig gelingt, verwendet man vortheilhaft eine Auflösung von 1 Theil Gelatine in 8 bis 10 Theilen mit ein paar Tropfen Glycerins versetzten Wasser, in welchem feinvertheilter Carmin oder Zinnober suspendirt ist. Diese Lösung erhärtet nach ein paar Tagen soweit, dass man von den injicirten Gegenständen ganz hübsche Schnitte zu nehmen im Stande ist. Man kann hier entweder mittelst der Luftpumpe oder noch besser mittelst der bei thierischen Injectionen gebrauchten Spritze injiciren. Letztere muss dann aber mit zum Einstechen eingerichteten Canülen versehen sein.

Injection thierischer Gewebe. — Eine weit ausgedehntere Anwendung als bei der Untersuchung der Pflanzengewebe findet die Injection in der thierischen Histiologie, für welche dieselbe von der grössten Wichtigkeit ist. Hier dient sie namentlich zum Nachweise der Theilungen und des Verlaufes der feineren Haargefässe in den verschiedenen Geweben und Organen. Häufig werden aber auch andere feine Canäle und Höhlungen mittelst derselben sichtbar gemacht, wie die Gallencanäle der Leber, die Harncanälchen der Nieren, die feinen Verzweigungen der Bronchien, die Knochenzellen nebst den mit ihnen in Verbindung stehenden Havers'schen Canälen u. s. w.

Das Injectionsverfahren ist wie jedes andere feinere Präparationsverfahren eine Kunst, die eben eine durch Uebung zu erlangende Fertigkeit verlangt und mit Ernst erlernt sein will. Man muss nur nicht glauben, dass gleich der erste Versuch gelingen müsse, und darf sich auch durch wiederholtes Missglücken nicht abschrecken lassen. Hier lohnt sich gerade ein geduldiges Ausharren durch die Schönheit der erlangten Präparate mit am meisten.

Die nöthigen Apparate und Injectionsmassen haben wir bereits in dem vorhergehenden Abschnitt kennen gelernt. Was weiter zu der Ausführung von Injectionen erforderlich ist, reducirt sich auf einige feine Scheerchen, Pincetten, mehrere Sorten gut gewichsten Seidenfadens zum Unterbinden der injicirten Gefässe, sowie auf die Vorrichtungen zum Erwärmen der Injectionsmassen und der zu injicirenden Theile.

Zunächst ist, vor dem Vollzuge der Injection, die Beschaffenheit der Objecte ins Auge zu fassen, welche man verwendet, d. h. die Frage zu erledigen, ob man die Gewebe in mehr frischem oder etwas älterem Zustande injiciren soll. Hier scheinen die Meinungen verschiedener Histiologen nicht ganz übereinzustimmen. Einige wollen, wenn es sich nicht gerade um musculöse Theile handelt, bei denen die Todesstarre häufig die Ausführung der Injection verhindert, die Injectionsobjecte in möglichst frischem Zustande und von eben getödteten Thieren entnommen haben. Andere wollen, dass man den Zeitpunkt abwarte, wo die Todesstarre der hierauf eintretenden Erschlaffung Platz gemacht habe, was im Sommer nach kürzerer, im Winter erst nach längerer Zeit geschieht. Einzelne Objecte machen ausserdem noch besondere Vorbereitungen nothwendig, so z. B. sehr weiche Theile, solche Organe, bei denen man eine Injection der Lymphgefässe beabsichtigt u. s. w. Wir können hier natürlich nicht alle diese Besonderheiten berücksichtigen, sondern müssen uns mehr an das Allgemeine halten und jene der speciellen Anleitung zur Untersuchung thierischer Gewebe überlassen.

Handelt es sich blos um die Injection eines bestimmten Systemes, so hat man vor dem Beginn der Arbeit Sorge dafür zu tragen, dass nicht etwa der Uebertritt in ein anderes System erfolgen kann, welches mit dem ersteren in Verbindung steht. Wo solche Verbindungen vorhanden

sind, da muss zuerst eine vorsichtige Unterbindung der betreffenden Stellen vorgenommen werden.

Bei der Injection der Blutbahnen kann man diese, wo es sich vornehmlich um die Erfüllung des Capillarsystemes handelt, ebensowohl von den Arterien, als von den Venen aus vornehmen. Am besten lässt sich dieselbe indessen durch die Arterien bewerkstelligen, weil diese dickere Wandungen besitzen und die zartwandigen Venen ausserdem noch durch ihren Klappenapparat der Operation ein Hinderniss in den Weg legen.

Hat man sich für den Weg, welchen die Injectionsmasse nehmen soll, entschieden und das betreffende Gefäss aufgesucht, so öffnet man dieses, um das Eindringen von Luft zu verhüten, unter Wasser mittelst eines kleinen Längsschnittes, welcher nicht grösser sein darf, als nöthig ist, um die bequeme Einführung der mit Wasser gefüllten Canüle zu gestatten. Sollten bei älterem Material die zu injicirenden Gefässe mit geronnenem Blute erfüllt sein, so ist es oft von Vortheil, wenn man vor der Injection einen Strom warmen Wassers eintreibt. Man muss hierbei aber immer mit Vorsicht verfahren und nicht zu voreilig sein, weil durch dieses Verfahren häufig der Uebelstand eintritt, dass bei dem später folgenden Eintreiben der Injectionsmasse ein Austreten derselben in die umgebenden Gewebetheile stattfindet, wodurch man genöthigt wird, die ganze Arbeit zu unterbrechen.

Ist die Einführung der Canüle in ein Gefäss gelungen, so wird dieselbe mittelst eines gewichsten Seidenfadens in dasselbe eingebunden. Man fasst zu dem Ende den Faden entweder mittelst einer Pincette oder fädelt denselben in eine Nadel ein und führt ihn unter dem Gefäss hindurch und um dasselbe herum. Bei grösseren Gefässen muss dieses Einbinden möglichst fest geschehen; bei zarteren Gefässen dagegen hat man sehr schonend zu verfahren, um dieselben nicht zu verletzen.

Ist letztere Operation beendet, so füllt man die Spritze, deren Stempel vorher, um das Eindringen von Luft zu verhindern, ganz herabgedrückt wurde, in der bekannten Weise unter dem Spiegel der flüssigen Injectionsmasse vollständig an und führt deren Mundstück bis zur vollen Tiefe in die Canüle ein. Diese hält man dabei mit der linken Hand fest und erhebt sie etwas, während die Spritze selbst bei aufliegendem Vorderarm zwischen die Mittelglieder des Zeige- und Mittelfingers eingeklemmt und der Daumen in den Ring des Stempels gelegt wird.

Indem nun die Spritze sorgfältig in die Richtung des Blutstromes gebracht wird, in welcher das Fortrücken der Injectionsmasse am leichtesten erfolgt, beginnt man das Eintreiben der letzteren unter möglichst langsamem und stetigem Druck. Sobald die Flüssigkeit weiter und weiter vordringt, fühlt der Finger einen verhältnissmässig zunehmenden Widerstand, dem er sich beim Einschieben des Stempels anbequemen muss. Vor allen Dingen vermeide man jetzt einen zu heftigen und namentlich einen unregelmässigen stossweisen Druck, welcher unfehlbar ein Misslingen des Präparates herbeiführen würde. Sollte sich etwa ein stärkerer

Widerstand bemerklich machen, so könnte dieser von einer Verstopfung der Canüle herrühren, und es muss diese zu beseitigen gesucht werden, indem man die Spritze vorsichtig wegnimmt und in die erstere einen feinen Metalldraht oder eine Schweinsborste einführt.

Den Zeitpunkt der Vollendung zu bestimmen ist nicht leicht und lassen sich bestimmte Regeln dafür ganz und gar nicht geben. Hier gehört eben eine gewisse Erfahrung und Uebung dazu, um den richtigen Moment mit einiger Zuverlässigkeit zu treffen, und selbst der Geübteste kann unter Umständen einen Missgriff thun. Bricht man die Operation zu früh ab, so zeigen sich die feinen Gefässe noch nicht vollständig erfüllt, setzt man sie dagegen zu lange fort, so werden dieselben zerrissen und es findet ein Austritt der Injectionsmasse statt. Am sichersten leitet bei der Beurtheilung noch die sichtbare Wirkung der Injection, d. h. die Färbung, weniger darf man sich auf die Verstärkung des Widerstandes gegen das Eindringen verlassen. Wo sich bei den warmen Injectionsmassen kleine Austrittsstellen (Extravasate) zeigen, da geben solche einen Wink zum Abbrechen, während dieser Zeitpunkt bei den kaltflüssigen Injectionsgemischen in der Regel dann eintritt, wenn die farblose Flüssigkeit an der Oberfläche des injicirten Organes in Form einer fettigen Benetzung hervortritt.

Ist die Operation schliesslich gut zu Ende geführt, so wird die Oeffnung der Canüle mittelst eines Stöpsels aus Kork fest verschlossen, unterhalb derselben das injicirte Gefäss unterbunden und nun erst das Röhrchen losgebunden und herausgenommen.

Sollen feinere Gefässe kleiner und zarter Thiere, die feineren Lymphgefässe im Innern der Organe u. s. w. injicirt werden, so gelangt man auf die eben beschriebene Weise nicht zum Ziele. Man greift dann zu dem sogenannten Einstichverfahren. Am zweckmässigsten ist es, wenn zu diesem Behufe der Spritze eine oder mehrere Canülen beiliegen, welche in Form des Troicarts construirt sind. Man kann sich indessen auch selbst eine derartige Vorrichtung herstellen, indem man in das Innere der Canüle eine Nadel einführt. Der Einstich in den zu injicirenden Gewebetheil wird mittelst dieser Vorrichtung an einer passenden Stelle vorgenommen und die Canüle so weit nachgeschoben, bis die gewünschte Stelle im Innern erreicht ist. Nach dem Herausziehen der Nadel wird die Injection in bekannter Weise ausgeführt.

Wo man die beiden Blutbahnen zugleich, oder neben der Blutbahn die Lymphgefässe oder die Canälchen drüsiger Organe zu injiciren hat, da wird bei dieser doppelten Injection die Arbeit bedeutend erschwert.

Bei der Injection der beiden Blutgefässsysteme geht man am besten von der Erfüllung der Venen aus und schreitet dann zur Erfüllung der Arterien und ihren Verzweigungen. Dass hier eine Scheidung der beiden Systeme durch Abbinden vorzunehmen und ein Uebertritt der Injectionsmasse für das eine System in die Bahnen des anderen zu vermeiden ist, versteht sich von selbst. Als solche empfehlen sich hier vorzugsweise die in der Wärme flüssigen, beim Erkalten erstarrenden Leimlösungen,

wobei man zwischen der ersten und folgenden Einspritzung einige Zeit verstreichen lässt, um die zuerst angewendete Masse einige Starrheit gewinnen zu lassen. Die Farben endlich wähle man derart, dass sie beim Zusammentreffen eine schöne Mischfarbe bilden, so z. B. Berlinerblau und Weiss oder Berlinerblau und Carmin bei Präparaten für durchgehendes, Zinnober und chromsaures Bleioxyd bei solchen für auffallendes Licht.

Sollen ausser der Blutbahn noch die Lymphgefässe oder die Canälchen von Drüsenorganen injicirt werden, so geht man in der Regel mit der Erfüllung der ersteren voraus und lässt diejenige der letzteren nachfolgen. Wo für die zweite Erfüllung die Einstichmethode zur Anwendung kommen muss, da vermeide man hierbei sorgfältig die Verletzung der bereits erfüllten Blutgefässe.

Zur Beobachtung bedürfen die injicirten Körpertheile in der Regel eine ähnliche vorbereitende Behandlung, wie sie für Darstellung anderer Präparate erforderlich ist. Wo man warme Injectionsmassen angewendet hat, brauchen dieselben vor allen Dingen die nöthige Zeit zum Erstarren, ehe man zur Anfertigung von Schnitten schreiten kann. Leim- oder Gelatineinjectionen müssen wenigstens mehrere Stunden, Harzinjectionen noch längere Zeit liegen, während die kalten Injectionsgemische eine sofortige Präparation gestatten. Ist eine Erhärtung angezeigt, so bringt man entweder den injicirten Körpertheil im Ganzen, oder wenn derselbe ein zu bedeutendes Volumen besitzt, in passende Stücke zerlegt in Weingeist und verfährt dabei ganz nach den im Voranstehenden gegebenen Vorschriften.

Entfernung störender Substanzen und Körper.

Nächst der Präparation kommt noch die Entfernung solcher Substanzen und Körper in Betracht, welche entweder vermöge ihrer lichtbrechenden Eigenschaften oder insofern störend auf die Untersuchung wirken, als sie durch ihre Masse die zu beobachtenden Structurverhältnisse mehr oder minder verdecken und verdunkeln. Dahin gehört vor allem die atmosphärische Luft, dann bei Pflanzengeweben: Stärkemehl, Harze, flüchtige oder fette Oele, Krystalle und dergl., bei Thiergeweben vorzugsweise Fette u. s. w.

Entfernung der Luft. — Die Entfernung der Luft gelingt am leichtesten dadurch, dass man das Präparat kurze Zeit in absoluten Alkohol legt, es dann in eine Schale mit Wasser und aus dieser auf das Objectglas überträgt. Wo der Alkohol störend auf den Inhalt der Gewebe wirken würde, und dieses vermieden werden muss, bedient man sich am zweckmässigsten der Luftpumpe, um die Luft zu entfernen, und evacuirt mittelst einiger Kolbenzüge, während das Präparat sich in Wasser oder in der betreffenden Aufhebeflüssigkeit befindet. Wenn man keine Luftpumpe zur Verfügung hat, muss man sich dadurch zu helfen suchen, dass man den Gegenstand einige Stunden in ausgekochtes Wasser oder längere Zeit, 1 bis 2 Tage, in die betreffende Zusatzflüssigkeit legt.

Um Harze, fette und flüchtige Oele zu entfernen, wendet man Ben-

zin, Alkohol und Aether an. Die zwei letzteren dienen ausserdem bei den thierischen Geweben auch zur Entfernung des Fettes.

Beseitigung fester und flüssiger Substanzen. — Stärkemehl, welches in den Zellen eingeschlossen ist, sucht man durch Anwendung von Salzsäure, verdünnter Schwefelsäure oder Aetzkalilauge unschädlich zu machen, indem es von ersterer Flüssigkeit aufgelöst wird, in den beiden anderen aber so stark aufquillt, dass es ganz durchsichtig wird. Man muss indessen beachten, dass durch diese Mittel auch in den Geweben selbst und deren Inhalt chemische und physikalische Veränderungen veranlasst werden; namentlich hat man das Kali überall da zu vermeiden, wo man Gerbstoff in den Zellwänden oder im Inhalte vermuthen darf. Hat sich das Stärkemehl von den durchschnittenen Zellen aus über das Präparat verbreitet, so spült man es vorsichtig mittelst Wassers und eines feinen Haarpinsels fort.

Krystalle entfernt man, wo dies angeht, d. h. sofern als in dem Wasser des Objectträgers lösliche Verbindungen erzeugt werden können, mittelst eines Tropfens verdünnter Säure.

Führen diese Veranstaltungen nicht zum Ziele, so hilft oft das Auspinseln des Präparates.

Diese zuerst von Professor His empfohlene Methode lässt sich zur Entfernung störender Körper sowohl bei vegetabilischen, als bei thierischen Präparaten überall da anwenden, wo der Schnitt die erforderliche Festigkeit besitzt, um nicht beschädigt zu werden. Man verfährt dabei so, dass man das Präparat reichlich mit Flüssigkeit umgibt und unter stetem Erneuern der letztern durch senkrechtes Tupfen mit einem Pinsel so lange bearbeitet, bis es hinreichend aufgehellt ist. Ein nachträgliches Bespülen hilft dann oft noch zu gutem Erfolge. Bei erhärteten Geweben hat man vorzugsweise darauf zu sehen, dass die Erhärtung weder zu gering, noch zu weit gediehen ist.

Einäscherung.

Bei manchen Untersuchungen kommt die Einäscherung als vorbereitende Arbeit des betreffenden organischen Gegenstandes in Betracht. Es gilt dies namentlich für alle die Fälle, wo eine Ablagerung von Kieselsäure in den Membranen der Gewebe zu vermuthen ist und man sich über den Antheil derselben an dem Aufbau der letzteren ein Urtheil zu verschaffen wünscht. Die Wichtigkeit dieser Art von Untersuchungen, hat sich in neuerer Zeit durch die Arbeiten von Krüger, Wiecke, H. v. Mohl und J. Sachs herausgestellt, und dürfen dieselben bei einer grossen Zahl von histiologischen Beobachtungen kaum mehr ausser Acht gelassen werden. Am einfachsten ist wohl für manche Fälle die Verbrennung des zu untersuchenden Gegenstandes. So sehr sich indessen diese Methode durch Einfachheit und dadurch auszeichnet, dass sie nur wenig Zeit in Anspruch nimmt, so sehr spricht gegen ihre allgemeine Anwendung der Umstand, dass man einen vollständigen Erfolg

nur in seltenen Fällen erreicht. Hat man nicht vor der Einäscherung die alkalischen Salze und einen Theil der organischen Substanz durch chemische Mittel ausgezogen, so ist von diesen meistens eine nachtheilige Einwirkung auf das Präparat zu erwarten. Zunächst bilden jene mit der Kieselerde in der Glühhitze Schmelzungsproducte, wodurch natürlicherweise die Structur des Kieselskelettes mehr oder weniger, ja nicht selten bis zur Unkenntlichkeit zerstört wird. Dann erhält man, da die organische Substanz, selbst bei sehr heftigem und lange fortgesetztem Glühen wohl nur in den wenigsten Fällen ganz zerstört wird, niemals eine rein weisse Asche und das Präparat erscheint durch beigemengte Kohle mehr oder minder gefärbt. Endlich läuft man für den Fall, als die in dem Aschenskelette noch enthaltenen Salze mittelst Salzsäure zu lösen und zu entfernen gesucht werden, Gefahr, manches Präparat ganz einzubüssen. Die bei dieser Operation sich entwickelnde Kohlensäure entweicht nämlich in der Regel, und namentlich, wenn man nicht sehr verdünnte Salzsäure anwendet, so stürmisch, dass sie das Kieselskelett in kleine Stückchen zerreisst. Je mehr man aber darauf Bedacht genommen hat, dass vor dem Glühen durch entsprechende Lösungsmittel die alkalischen Salze entfernt und Schmelzungsproducte vermieden werden, je sorgfältiger man die organische Substanz zerstört hat, desto reinere, zusammenhängendere und der stärksten Glühhitze widerstehende Präparate erhält man.

Zu dieser vorbereitenden Behandlung eignet sich nach H. v. Mohl am besten das Kochen des entsprechenden Gegenstandes mit Salpetersäure und chlorsaurem Kali. Dasselbe wird dabei so lange fortgesetzt, bis das Object vollständig entfärbt ist. Um hierauf jede Spur des Macerationsmittels zu entfernen, kocht man zuerst gut mit Wasser, und dann mit Alkohol aus. Schacht empfiehlt für manche Fälle ein Auskochen mit Chlorkalk und Salzsäure, weil selbst nach der eben beschriebenen Behandlung von den organischen Bestandtheilen noch Reste zurückbleiben und das Präparat färben sollen. Soweit indessen meine Erfahrungen reichen, genügt das von H. v. Mohl eingeschlagene Verfahren vollkommen. Das Verfahren von Schacht dürfte indessen den Vortheil bieten, dass man das erhaltene Kieselskelett nicht mehr mit Salzsäure auszuziehen nöthig hat, was sonst immer noch erforderlich wird, um die verschiedenen Erdsalze zu beseitigen.

Das Glühen selbst nimmt man auf einem Platinbleche oder auf dem flachen Deckel eines Platintiegels vor. Ist das Präparat jedoch sehr zart, und läuft man Gefahr dasselbe leicht zu verlieren, so thut man besser, wenn dasselbe auf das Deckgläschen gelegt und mit diesem auf dem Platinbleche geglüht wird.

Das Glühen eines nicht weiter voraus behandelten Objectes empfiehlt sich überall da, wo man sich vorerst zu überzeugen wünscht, ob von demselben ein Kieselskelett erhalten werden kann oder nicht. Verbrennt nach v. Mohl ein solcher Theil rasch zu einer weissen Asche von mattem, kreideähnlichem Ansehen, welche einen schwachen Zusammenhang besitzt

und bei durchfallendem Licht eine bräunliche Färbung zeigt, so kann man ziemlich sicher sein, dass sich von demselben durch kein Mittel ein vollkommenes Kieselskelett darstellen lassen wird. Bewahrt dagegen ein solcher Theil beim Glühen hartnäckig seine schwarze Färbung, hält die Asche fest zusammen, zeigt ein glasartiges Aussehen und erscheint bei durchfallendem Lichte ungefärbt, so darf man mit grosser Wahrscheinlichkeit auf das Vorhandensein eines Kieselskelettes schliessen.

3. Gang der Beobachtung.

Der in entsprechender Weise zur Beobachtung hergerichtete Gegenstand wird je nach seiner Beschaffenheit entweder trocken, oder, was am häufigsten vorkommt, von einer Flüssigkeit umgeben unter das Mikroskop gebracht.

Im ersten Falle legt man ihn einfach auf den Objectträger und trägt Sorge dafür, dass er vollkommen in einer Ebene ausgebreitet erscheint. Bei manchen, namentlich zarteren Gegenständen gelingt die Ausbreitung leicht mittelst der Präparirnadel oder mittelst des Pinsels und hat man nur darauf zu achten, dass das Präparat bei dieser Operation keinen grösseren Druck erleidet, als gerade erforderlich ist, um es auszubreiten, oder dass es gar zerrissen wird. Schwieriger lassen sich solche Objecte ebenen, welche die Neigung besitzen, sich zu rollen. Hier muss mittelst einer flachen Nadel oder eines anderen flachen Gegenstandes oft schon ein etwas stärkerer Druck ausgeübt und hierauf das Präparat mit einem passenden Deckglas bedeckt werden, um es in seiner Lage zu erhalten. Nach einem vorsichtig ausgeübten Drucke auf das letztere wird ersteres in der Regel in der gewünschten Lage verharren. Sollte diese Manipulation jedoch noch nicht ausreichen, so kann man sich, falls man einen solchen besitzt, des Quetschers bedienen, um das Präparat in der Ebene ausgebreitet zu erhalten. In anderm Falle bringt man eine halbweiche, klebende Masse zwischen Deckglas und Objectträger, wodurch ersteres und damit das Object festgehalten wird. Immer aber ist die Beschaffenheit des Gegenstandes genau ins Auge zu fassen und sorgfältig darauf zu achten, dass der Druck nicht so stark wirkt, dass eine Störung der Structurverhältnisse oder des Inhaltes der Zellen und Gewebe hervorgerufen wird.

Bei den meisten organischen Objecten wird es vortheilhafter sein, ihre Beobachtung vorzunehmen, während dieselben von einer Flüssigkeit umhüllt sind, da sie auf diese Weise an Durchsichtigkeit gewinnen und ihre Structurverhältnisse deutlicher hervortreten. Welche Zusatzflüssigkeit anzuwenden sei, hängt von der Beschaffenheit des betreffenden Gegenstandes ab. Zur Untersuchung von festeren Pflanzengeweben wird in der Regel Wasser benutzt. Für die Einhüllung zarter vegetabilischer und thierischer Präparate dagegen hat man sich mehr indifferenter Flüssigkeiten zu bedienen, welche keinerlei Störungen in dem Inhalte und der Form der Elementarorgane hervorringen und welche, soweit sie hier in Betracht kommen, schon weiter oben erörtert worden sind.

Solche Gegenstände, welche man durchsichtiger zu machen wünscht, als dies in Wasser der Fall sein würde, muss man mit Flüssigkeiten umgeben, welche das Licht stärker brechen, als dieses. Glycerin, Eiweiss, Zuckerlösung, sowie die Lösungen mancher Salze, eignen sich vorzugsweise für Objecte im frischen Zustande, während für trockene Gegenstände fette und flüchtige Oele, Terpentin, Canadabalsam in Anwendung zu bringen sind.

Die Zusatzflüssigkeit hat indessen auch noch eine andere Bedeutung als die eben geschilderte. Die geschickte Wahl derselben und der Wechsel mit verschieden brechenden für ein und dasselbe Object geben oft gute Anhaltspunkte für die Erkenntniss mancher Structurverhältnisse, worauf wir später zurückkommen werden.

Hat man sich für die entsprechende Zusatzflüssigkeit entschieden, wofür wie gesagt, die Beschaffenheit des Untersuchungsobjectes die Anhaltspunkte gewähren muss und worüber der specielle Theil das Nähere beizubringen hat, so bringt man einen Tropfen davon auf den Objectträger und legt das Präparat sorgfältig hinein, indem man dasselbe, wo es nöthig ist, mittelst der Nadel möglichst eben auszubreiten sucht. Beim Gebrauche schwacher Objective, welche einen so grossen Abstand haben, dass sie nicht von der verdunstenden Flüssigkeit beschlagen, oder bei denen man nicht zu befürchten braucht, dass sie durch Berührung der letzteren beschmutzt werdsn könnten, mag man den Gegenstand, falls man nicht ein Mittel anwendet, dessen Dämpfe das Glas der Linsen angreifen, unbedeckt unter das Mikroskop bringen. Bei stärkeren Objectiven dagegen, oder wenn man ätzende Zusatzflüssigkeiten verwendet, erfordert das Präparat eine Bedeckung mittelst eines Deckgläschens. Das letztere legt man möglichst vorsichtig auf, um das Präparat nicht aus der Mitte des Tropfens nach dem Rande hin zu drängen. Etwa unter den Rändern des Deckglases hervortretende überschüssige Flüssigkeiten nimmt man am besten mittelst reinen, weichen Fliesspapiers oder mittelst des Pinsels hinweg, um deren Ueberfliessen auf die obere Fläche zu verhindern. Bei der Wahl des Deckglases muss man sich theils nach der Beschaffenheit des zu beobachtenden Gegenstandes, theils nach dem Abstande der zu gebrauchenden Objectivsysteme und dem Einflusse richten, welchen die Dicke des ersteren auf die Deutlichkeit und Schärfe des Bildes ausübt.

Bei zarten Objecten, welche selbst unter einem geringen Drucke leiden könnten, wird man ein dickes Deckglas sorgfältig umgehen müssen. Ebenso ist ein solches stets zu vermeiden, wenn man mit Objectivsystemen von geringem Abstande arbeitet. Denn, vorausgesetzt auch, dass dessen Stärke keinen nachtheiligen Einfluss auf das Bild übte, könnte man bei der Einstellung dasselbe leicht berühren, allenfalls zertrümmern, und dadurch möglicherweise der vorderen Linse schaden, jedenfalls aber das Präparat durch den ausgeübten Druck verderben. Da bei den meisten Instrumenten die schwächeren Objectivsysteme gegen die Deckglasdicke nicht so empfindlich sind, dass ein zu dünnes Deckglas dem Bilde wesent-

lich schadet, so wird man am besten thun, für solche Präparate, bei denen voraussichtlich eine Steigerung der Objectivvergrösserung nothwendig wird, gleich ein passendes, dünnes Deckglas zu benutzen, um nicht zum Wechseln mit denselben veranlasst zu werden. Wo für die starken Objectivsysteme eines Instrumentes eine bestimmte Deckglasdicke vorgeschrieben ist, da halte man unbedingt an derselben fest, und habe, um für diesen Fall bei der Beobachtung nicht jedesmal durch das Messen der Dicke Zeit zu verlieren, immer sorgfältig sortirte Gläschen bereit.

Verwendung des optischen Apparates.

Das von der entsprechenden Flüssigkeit umgebene und bedeckte Object legt man unter das Mikroskop und sucht ihm vorläufig die annähernd richtige Lage möglichst in der optischen Achse zu geben. Dann bringt man das Auge über das Ocular, rückt das Präparat in die Mitte des Gesichtsfeldes und richtet sein Augenmerk zunächst auf die entsprechende Beleuchtung desselben.

Beleuchtung der Objecte. — Die Beleuchtung der Objecte muss je nach deren Beschaffenheit eine verschiedene sein, indem manche Gegenstände nur für auffallendes, andere nur für durchfallendes Licht geeignet sind.

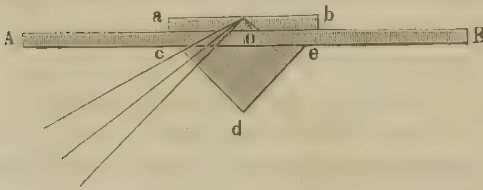
Arbeitet man mit auffallendem Lichte, so ist es gut, das Mikroskop nahe an das Fenster zu bringen, um dem Objecte die möglich grösste Lichtmenge zuzuführen. Helles Tageslicht ist in der Regel für diese Beobachtungsweise vollkommen ausreichend und braucht man höchstens in Ausnahmefällen seine Zuflucht zu directem Sonnenlichte zu nehmen. Alles von dem Spiegel kommende Licht muss bei dieser Beleuchtungsweise von dem Objecte abgeschnitten werden. Hier und da wird es genügen, dem Spiegel eine solche Stellung zu geben, dass derselbe kein Licht nach dem Objecttische reflectirt. Wo dies indessen nicht ausreicht, da bedeckt man die Oeffnung des letzteren mittelst einer undurchsichtigen Platte, die in der Regel geschwärzt ist, bei dunklen Gegenständen dagegen auch matt weiss angestrichen sein kann.

Für die allerschwächsten Vergrösserungen genügt das einfache Tageslicht zur Beleuchtung, während bei stärkeren Vergrösserungen eine besondere, planconvexe Beleuchtungslinse verwendet wird, welche entweder auf einem eigenen Stative ruht, oder an dem Mikroskopkörper befestigt werden kann. Man richtet dieselbe beim Gebrauche so, dass sie die auf ihre vordere Fläche fallenden Lichtstrahlen gerade auf dem Objecte vereinigt und dieses die stärkste zu erreichende Beleuchtung erhält. Verlangt das zu beobachtende Präparat eine mehr als 200- bis 300fache Vergrösserung, so ist man in der Anwendung der Beleuchtungslinse beschränkt, da der Lichtkegel, welcher von ihr ausgeht, dann nicht mehr zwischen der Fassung der Objectivsysteme durchgehen und nach dem Objecte gelangen kann. In solchen Fällen muss man zu dem Lieberkühn'schen Spiegel greifen, über dessen Verwendung schon in dem sechsten Abschnitte das Erforderliche beigebracht worden ist. Hier ist nur dar-

auf hinzuweisen, dass die allseitig auf das Object treffenden Lichtstrahlen eine Beleuchtungsweise bewirken, welche nur für einzelne Gegenstände passend erscheint, und vorzugsweise da anzuwenden ist, wo man sich eine nette Gesammtansicht kleiner Objecte zu verschaffen sucht. Die Beleuchtung der Oberfläche wird nämlich eine fast in allen Theilen gleichmässige und dadurch der Unterschied zwischen Licht- und Schattenseite aufgehoben. Wo man daher Oberflächenstructuren und dergleichen zu untersuchen hat, wird man sich besser zu einer passend regulirten Seitenbeleuchtung wenden.

Einige andere Beleuchtungsweisen, die mit den vorbeschriebenen Aehnlichkeit haben, und sich für manche Gegenstände ganz zweckmässig erweisen dürften, wurden ursprünglich von England aus empfohlen. So z. B. empfiehlt Wenham, die vermittelst eines rechtwinkligen Prismas bewirkte vollständige Zurückwerfung der von der Lichtquelle kommenden Strahlen an der oberen Fläche des Deckglases zu benutzen, um hellleuchtende Bilder auf dunklem Hintergrunde zu erhalten. Diese Beleuchtungsweise eignet sich nur für kleine Gegenstände, Diatomeenschalen, Schmetterlingsschuppen, und soll dann sehr gute Dienste leisten. Ist z. B. *AB* (Fig. 223) das Objectglas, an dessen untere Seite vermittelst Canadabalsams das rechtwinklige Prisma *cde* angekittet ist, *o* ein kleiner Gegenstand, der von Terpentinöl oder Canadabalsam umgeben ist, und *ab* das Deckglas, so verfolgt ein senkrecht auf die Kathete *cd* des Prismas treffendes Strahlenbündel, da alle Theile des ganzen durchsichtigen Apparates vom Prisma bis zum Deckglase einen annähernd gleichen Brechungsexponenten haben, seinen Weg bis zur oberen Fläche des letzteren und erleidet dort eine vollständige Zurückwerfung, ohne dass irgend Licht von dem Beleuchtungsapparate aus zu dem Objectivsysteme gelangen könnte.

Fig. 223.



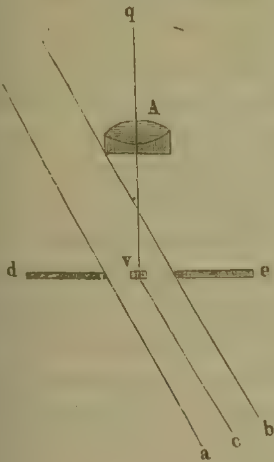
Das Gesichtsfeld des Mikroskopes erscheint somit vollkommen dunkel und das kleine Object, je nach seiner Fähigkeit das Licht zurückzuwerfen, mehr oder minder stark leuchtend.

Eine andere Beleuchtungsweise, welche gleichsam die Mitte hält zwischen der mittelst durchgehenden und jener mittelst auffallenden Lichtes, wurde zuerst von Reade angewendet und später von Carpenter (*The microscope* V. Aufl. p. 123 u. f.) für die Beobachtung durchsichtiger Gegenstände empfohlen.

Bei schwacher Vergrösserung benutzt man zur Erzielung dieser Beleuchtung den gewöhnlichen Spiegel des Mikroskopes, welchem man eine so weit aus der Achse gerückte Stellung gibt, dass von den in sehr schiefer Richtung einfallenden Strahlen nur jene, welche von unten und von der Seite her durch das Object gehen, vermöge der an seinen Seiten, wie im Innern erlittenen Zurückwerfungen und Brechungen auf das Objectiv

treffen, jene aber, welche an dem Objecte vorbeigehen, nicht in das Mikroskop gelangen können (Fig. 224). Für etwas stärkere Vergrösserungen, die mittelst Objectivsystemen von 4 bis 6 Millimeter Brennweite und mässigem Oeffnungswinkel erzielt werden, reicht diese Veranstaltung indessen nicht mehr aus. Hier eignet sich dagegen für diese Art der Beleuchtung recht gut die weiter oben besprochene planconvexe Beleuchtungslinse in Verbindung mit den scheibenförmigen, den grössten Theil der Achsenstrahlen abschneidenden Blendungen oder ein abgestumpfter Glaskegel, dessen kleinere geschwärzte Grundfläche nach unten gewendet ist, indem dabei nur die ganz am Rande durchgehenden Strahlen stark convergirend auf das Object treffen und soweit sie an diesem vorbeigehen, für das Mikroskop verloren sind. Man kann so noch ganz gut bei 300- bis 400fachen Vergrösserungen beobachten, das Gesichtsfeld bleibt fast vollständig dunkel und man erblickt den Gegenstand gleichsam selbstleuchtend auf schwarzem Grunde. Diese Beleuchtungsweise gewährt für manche Gegenstände ganz reizende Bilder. Ausserdem zeichnet sie sich dadurch aus, dass bei ihr Einzelnheiten zu erkennen sind, die man mittelst so schwacher Objectivsysteme bei durchfallendem Lichte vergeblich sucht. So z. B. sehe ich mittelst des Objectives 4 von Hartnack und Ocular 4 sehr gut die Zeichnung auf dem in Balsam liegenden Pleurosigma attenuatum, ebenso auf dem schwierigeren trocken eingelegten Pl. angulatum. Auch für organische Objecte dürfte dieselbe hier und da Vortheile bieten. So liefern z. B. zarte Durchschnitte geschichteter Zellen sehr instructive Ansichten, welche mit den unter dem Polarisationsmikroskope erhaltenen Aehnlichkeit haben. Dickere Schnitte gewähren nur undeutliche Ansichten. Wird diese Beleuchtungsweise auch immerhin eine beschränkte bleiben, so dürfte es sich doch lohnen, dieselbe vorkommenden Falles zu versuchen und nicht ganz unbeachtet zu lassen.

Fig. 224.



Von grosser Wichtigkeit erscheint die Regulirung der Beleuchtung bei Beobachtungen mittelst durchfallenden Lichtes.

Was zunächst die von verschiedenen Mikrographen empfohlenen Lichtquellen betrifft, so kann ich zufolge langjähriger Erfahrung mich dahin aussprechen, dass, einzelne Fälle abgerechnet, für eine tüchtige wissenschaftliche Beobachtung einzig und allein das Tageslicht geeignet ist. Man hat in dieser Beziehung vielfach hin und her gestritten, ob weisses Wolkenlicht, das Licht, welches von einer weissen Wand reflectirt wird, oder endlich das Licht eines unbedeckten blauen Himmels günstiger wirke. Alle diese Streitereien aber führen zu keinem Ziele, indem man eben doch meistens genöthigt sein wird, das Licht so zu verwerthen, wie es zu Gebote steht, und nur einzelne Beobachtungen zurückstellen kann, bis eine gewünschte

Beleuchtung eintritt. Dass ein aschgrau bezogener Himmel der mikroskopischen Beobachtung nicht günstig ist, steht allerdings fest. Allein selbst ein solcher wird nicht gänzlich eine wissenschaftliche Beobachtung hindern. Für die feineren Untersuchungen ist ein gleichmässig und hell bezogener, gleichsam dünn verschleierter Himmel am günstigsten und eignet sich hierzu weit weniger ein unterbrochen bewölkter oder ganz klarer blauer Himmel. Von H. v. Mohl wird zwar gerade das blaue Himmelslicht als das allergünstigste genannt. Ich kann aber in dieser Beziehung ebensowenig, als andere Mikroskopiker mit diesem Forscher übereinstimmen, und finde gerade bei dieser Beleuchtung das Bild weit weniger scharf und schön, als selbst bei nicht zu dunkel bewölktem Himmel. Der Grund, warum das von einem blauen Himmel zurückgeworfene Licht weniger geeignet ist, soll nach Brücke darauf beruhen, dass die organischen Körper nicht ganz frei von innerer Farbenzerstreuung sind und dass sie demzufolge bei durchgehendem Lichte, welches ein Uebergewicht von stark brechbaren Strahlen besitzt, wie dies bei dem blauen Himmelslichte der Fall ist, selbst leuchtend werden, wodurch die Deutlichkeit des negativen Netzhautbildes abnimmt. Um diese nachtheilige Eigenschaft zu beseitigen, wurde vom genannten Forscher (Bericht der K. K. Akademie, Bd. 21, Heft 2, 1856) der Gebrauch eines 2 bis 3 Millimeter dicken Objectträgers aus Uranglas empfohlen, weil dieses im Stande sei, die violetten und blauen Strahlen für das Auge theilweise wegzunehmen, theilweise in Strahlen von längerer Schwingungsdauer, d. h. von geringerer Brechbarkeit zu verwandeln. Ich habe einen solchen Objectträger verschiedentlich versucht, konnte mich aber bis jetzt von einem besonderen Vortheile nicht überzeugen; ich finde viel eher einen Nachtheil darin, dass er bei den feinen Cylinderblenden das Licht schmälert, indem er vermöge seiner Dicke das Object zu weit über die Blendungsöffnung hebt.

Die Beleuchtung mittelst monochromatischen Lichtes, welche namentlich von Brewster empfohlen wurde, um die Farbenabweichung gänzlich zu beseitigen, ist theoretisch unbestreitbar richtig; allein sie entbehrt für den praktischen Beobachter allen Vortheiles, da, abgesehen von allem anderen, bis jetzt kein Mittel gefunden worden ist, ihr eine solche Stärke zu verleihen, dass man mittelst derselben auch nur bei mittelstarken Objectivsystemen eine ausreichende Beobachtung ausführen könnte.

Von weit grösserer Bedeutung für die mikroskopische Forschung ist die Anwendung des polarisirten Lichtes, und werden wir demselben in einem der folgenden Abschnitte eine eingehendere Betrachtung widmen. Es bleibt uns sonach für den gegenwärtigen Abschnitt nur übrig, die Behandlung der gewöhnlichen Beleuchtung näher zu erörtern.

Bei Beobachtungen mittelst schwacher Objectivsysteme bedient man sich am zweckmässigsten des ebenen Spiegels, weil dabei das Gesichtsfeld nicht so übermässig stark beleuchtet und ein schärferes Bild erhalten wird wie bei dem Gebrauche des Hohlspiegels. Letzterer ist dagegen bei dem Gebrauche der stärkeren Objectivsysteme am Platze. Oft kann

aber auch bei diesen der ebene Spiegel mit Vortheil verwendet werden, namentlich wenn dieselben eine hinreichende Lichtstärke besitzen.

Das nächste Ziel, welches man zu erreichen suchen muss, ist das, eine möglichst gleichmässige Beleuchtung des ganzen Gesichtsfeldes zu erlangen und namentlich eine einseitige Erhellung desselben zu vermeiden. Eine stärkere Beleuchtung der Mitte des Gesichtsfeldes als der Ränder ist indessen in manchen Fällen nicht nur nicht schädlich, sondern sogar wünschenswerth, weil dadurch bei stärkeren Vergrösserungen mehr Licht auf den Gegenstand concentrirt und der Gegensatz zwischen dem erleuchteten Theile des Gesichtsfeldes und dem negativen Netzhautbilde verstärkt wird. Nächstdem ist der Einfluss des von der Seite einfallenden Lichtes auf das Object möglichst zu vermeiden, weil dadurch nicht selten Undeutlichkeiten in dem Bilde veranlasst werden. Wenn bei den stärkeren Objectivsystemen schon deren kurzer Abstand von der Oberfläche des Deckglases das Einfallen seitlichen Lichtes hindert und Vorsichtsmaassregeln in dieser Beziehung weniger nöthig macht, so werden diese bei schwächeren, weit abstehenden Objectiven dagegen um so nothwendiger. Am einfachsten hilft man sich durch einen innen geschwärzten Ring von Pappe, welcher den Gegenstand umgibt, ohne das Mikroskoprohr und den Objectträger in ihren Bewegungen zu behindern. Ein einfacher schwarzer, vor dem Mikroskope aufgestellter Schirm genügt indessen auch schon und kann zugleich dazu dienen, das störende Licht von dem Auge abzuhalten, was oftmals wünschenswerth ist und sich auch durch Beschatten mittelst der linken Hand erreichen lässt.

Von der höchsten Wichtigkeit ist die Moderation des Lichtes, welche sich nach der Beschaffenheit des zu beobachtenden Gegenstandes richten muss. Gerade hierin liegt eines der bedeutsamsten Hilfsmittel, um sich in überzeugender Weise über feinere Structurverhältnisse zu unterrichten und ist von ihrer geschickten Benutzung der Erfolg einer Beobachtung oft in nicht geringem Grade abhängig. Wie schon an früherer Stelle erwähnt, eignen sich zu diesem Zwecke die versenkbaren Cylinderblendungen am besten, weil mittelst derselben so feine Unterschiede in der Beleuchtung zu erzielen sind, wie man sie durch keine andere Blendungsvorrichtung zu erreichen im Stande ist.

Ueber die Stärke der Beleuchtung lassen sich allgemeine Vorschriften kaum geben. Es hängt dieselbe vorzugsweise von der inneren Beschaffenheit des Gegenstandes ab. Je zarter dieser ist und je schwieriger die zu erforschenden Structurverhältnisse sind, um so mehr Sorgfalt hat man auf die Moderation der Beleuchtung zu verwenden, und zwar wird man im Allgemeinen am sichersten bei etwas abgedämpftem Lichte zum Ziele kommen. Je weniger Durchsichtigkeit dagegen das Object besitzt, desto mehr muss in der Regel die Erhellung gesteigert und das Licht durch Verwendung geeigneter Blendungen auf dem Objecte oder den der Durchforschung unterworfenen Theilen desselben concentrirt werden.

Für manche Structurverhältnisse, namentlich solche, die blos der

Oberfläche des Gegenstandes angehören, ferner für die Entscheidung der Fragen, ob eine organische Membran eine homogene oder körnige Structur besitze, ob sehr kleine organische Körperchen, Bläschen oder Körnchen, Röhrchen oder solide Fasern seien, ist die Richtung der auf das Object treffenden Lichtbüschel oft von grosser Bedeutung für die Sicherheit der Beurtheilung. Hat man daher einen Gegenstand bei centralem Lichteinfall auf das Genauste untersucht und es bleiben auch dann noch Einzelnheiten der Structurverhältnisse zweifelhaft, so schreite man zur Anwendung der excentrischen Beleuchtung. Hierbei sucht man zunächst die möglichst beste, der Beschaffenheit des Gegenstandes entsprechende Wirkung dadurch zu erzielen, dass man dem Spiegel verschiedene Stellungen ausserhalb der Achse des Instrumentes gibt, also das Licht unter möglichst verschiedenen Neigungswinkeln auf das Object leitet. Dann ist in Beziehung auf die Dimensionen des zu beobachtenden Gegenstandes ein möglichst umfassender Wechsel in der Richtung der einfallenden schiefen Lichtstrahlen zu erstreben, indem man jenen entweder mit der blossen Hand in die erforderlichen Stellungen bringt, oder, wo der Tisch drehbar ist, diesen in dem entsprechenden Grade um seine Achse bewegt. Die äussere Configuration sowie die innere Beschaffenheit des Gegenstandes wird, wie bei der Neigung, so auch hier für die richtigen Modificationen den Hauptmaassstab abgeben müssen. Bei manchen Körpern und Präparaten wird man gut thun, die volle Umdrehung zu durchlaufen, um sich eine möglichst vielseitige Ansicht zu verschaffen. Bei anderen, wo man streifenartige Erhöhungen und Vertiefungen, Linien und dergleichen zur vollen Anschauung bringen will, wird man das schiefe Licht unter rechtem Winkel gegen deren Verlauf nach dem Objecte zu lenken und ausserdem sogar die Seite zu berücksichtigen haben, von der aus man das Licht werfen muss, um ein möglichst scharfes und deutliches Netzhautbild zu erhalten *). Dem Anfänger ist es daher auf das Angelegentlichste zu empfehlen, sich an passenden Objecten, wozu namentlich die schwierigeren Diatomeenschalen gehören, mit der Anwendung und Wirkungsweise der schiefen Beleuchtung vertraut zu machen. In welchen Fällen er von derselben bei seinen Untersuchungen mit Vortheil Gebrauch machen kann, muss die Erfahrung lehren, und werden ihm die speciellen Theile dieses Werkes die nöthigen Fingerzeige geben.

Die Bedeutung der schiefen Beleuchtung wird von manchen Mikroskopikern überschätzt, indem sie von derselben Aufklärungen erwarten, welche sie durchaus nicht zu geben im Stande ist. Ja ich habe Einzelne kennen gelernt, welche sie der centralen Beleuchtung voranstellen möchten. Ich verkenne zwar deren Bedeutung durchaus nicht, bin aber ebensowenig geneigt, dieselbe zu hoch anzuschlagen und muss mich für die centrale, als für die in den weitaus meisten Fällen normale Beleuchtungsweise entscheiden.

---

*) Bei den schwierigeren Probeobjecten erkenne ich die Structurverhältnisse am besten, wenn das schiefe Licht von der dem Fenster gegenüberstehenden Seite — von hinten — einfällt.

Die Wirkung dieser Beleuchtungsweise beruht darin, dass sie den Unterschied zwischen den positiven und negativen Gesichtseindrücken steigert, denn indem durch den geänderten Einfall der Lichtstrahlen deren Ablenkungsverhältnisse innerhalb oder an der Oberfläche des Objectes geändert werden, ist sie im Stande, da, wo die gerade Beleuchtung nur Halbschattenbildchen hervorbringt, weit intensivere, dem Kernschatten ähnliche Schattenbildchen zu erzeugen, oder den, den Lichtpartieen gegenüber zu umfangarmen dunklen Theilen des Objectes eine grössere Ausdehnung zu geben, so dass nun zwischen negativen und positiven Gesichtseindrücken diejenige Differenz an Ausdehnung und Stärke eintritt, welche ihre Wahrnehmbarkeit bedingt. Dass hier aber auch des Guten zu viel geschehen kann, wird leicht ersichtlich, wenn man bedenkt, dass es eben auch möglich ist, mittelst der schiefen Beleuchtung den dunklen Stellen eine solche Ausdehnung zu geben, dass neben ihnen die beleuchteten Theile gleichsam für das Auge verschwinden. Man wird daher den oben ertheilten Rath, sich mit der Anwendung dieser Beleuchtungsart aufs Genauste vertraut zu machen, gewiss gerechtfertigt finden.

In gewissem Sinne erreicht man mittelst schiefer Beleuchtung dasselbe Resultat, wie mittelst grossen Oeffnungswinkels, nur geschieht es in verschiedener Weise. Während jene die negativen Gesichtseindrücke steigert, oder die Ausdehnung der positiven und negativen Netzhautbilder vergrössert, bringt dieser die leuchtenden Stellen in das richtige Verhältniss zu den schattenähnlichen. Daraus geht aber hervor, dass schiefe Beleuchtung nicht in allen Fällen den grossen Oeffnungswinkel zu ersetzen vermag und dass dieselbe auch beim Vorhandensein des letzteren noch wirksam werden kann.

Wahl der Vergrösserung. — Was die Wahl der Vergrösserung betrifft, bei der man eine Untersuchung vorzunehmen hat, so ist im Allgemeinen die Regel festzuhalten, dass man sich von dem betreffenden Objecte vorerst bei einer schwachen, je nach Umständen 30- bis 50fachen Vergrösserung, welche ein hinreichend grosses Gesichtsfeld bietet, um ersteres ganz übersehen zu können, einen Totalanblick verschafft und die näher zu durchforschenden Stellen aussucht. Dann erst schreitet man allmälig zu den stärkeren Vergrösserungen fort, mittelst deren die feineren Einzelnheiten der Structurverhältnisse zur Anschauung gebracht werden. Man gewinnt durch dieses Verfahren nicht nur an Sicherheit der Beobachtung, sondern auch an Zeit, weil man bei dem minder beschränkten Gesichtsfelde der schwachen Vergrösserungen leichter den Theil des Objectes herausfindet, der über die in Frage kommenden Structurverhältnisse die gewünschte Auskunft gibt, und nicht erst bei beschränktem Gesichtsfelde, das nur die Uebersicht über einzelne kleine Theile gewährt, lange darnach zu suchen braucht. Das Maass der Vergrösserung, welches bei einer bestimmten Beobachtung anzuwenden ist, wird durch die Beschaffenheit des Objectes vorgeschrieben, und lassen sich darüber keine umfassendere Vorschriften geben. Im Allgemeinen wird man die

schwächeren Vergrösserungen überall da anwenden, wo man sich mehr mit dem Studium des Gesammtbaues eines Organes als mit der Structur einzelner Elementarorgane befasst, wo es mehr eine körperliche, als eine flächenhafte Ansicht zu gewinnen gilt, während sich für die feineren Structuren die stärkeren Vergrösserungen eignen, die absolut nur ein richtiges und scharfes Bild von den in einer Ebene liegenden Structurverhältnissen gewähren. Massenhaftere, minder durchsichtige Präparate verlangen schwache Vergrösserungen, während zartere, hinreichend durchsichtig hergestellte auch die stärkeren Vergrösserungen vertragen. Aber auch bei solchen Präparaten, bei denen es die feineren Organisationsverhältnisse zu erforschen gilt, mache man es sich zur Regel, immer die schwächsten Vergrösserungen anzuwenden, die zum Ziele führen, und steigere für die eigentliche Beobachtung die Vergrösserung nie über das nöthige Maass. Es ist ein Vorurtheil, zu meinen, dass man im Allgemeinen um so mehr sähe, je stärker man vergrössere. Im Gegentheil; mit den stärkeren Vergrösserungen steigern sich alle auf das Bild übertragenen Fehler des optischen Apparates und es verliert dasselbe an Bestimmtheit und Schärfe. Nur mittelst der besten neueren Systeme kann man ohne Nachtheil zu sehr starken Vergrösserungen schreiten. Es erfordern diese letzteren dann aber auch eine Zartheit der Präparation, welche nur der sehr geübte Beobachter zu erreichen im Stande ist.

Zur Zeichnung kleinerer Gegenstände und feiner Structurverhältnisse ist es allerdings häufig wünschenswerth, stärkere Vergrösserungen zu benutzen, und ist auch, wenn einmal der Thatbestand der Beobachtung sicher festgestellt ist, von denselben kein Nachtheil zu befürchten.

Um die gewünschten Vergrösserungen zu erreichen, stehen dem Mikroskopiker zwei Wege zu Gebot. Er kann dieselben entweder mittelst Wechsels der Objectivsysteme erzielen, indem er einem solchen von grösserer Brennweite ein solches von geringerem Focalabstand substituirt, oder er wendet zu gleichem Zwecke stärkere, das von dem Objectivsysteme entworfene Bild vergrössernde Oculare an. Das in dem zweiten Abschnitte über die Wirkungsweise dieser beiden Theile des optischen Apparates Gesagte gibt in dieser Beziehung die allgemeine Richtschnur an. Es geht daraus hervor, dass man überall da, wo man das optische Vermögen des Instrumentes entschieden zu erhöhen wünscht, eine Steigerung der Vergrösserung, so weit dies möglich ist, durch Anwendung stärkerer Objectivsysteme zu erreichen suchen müsse, und erst dann zu stärkeren Ocularen seine Zuflucht nehmen dürfe, wenn bereits die stärksten Objectivvergrösserungen erreicht sind und eine noch weitergehende Steigerung nöthig oder wünschenswerth erscheint. Wo das Licht bei der Verwendung schwacher Oculare zu intensiv ist, da helfe man sich lieber durch zweckmässige Abblendung, als dass man zu sehr starken Ocularen greift.

Nun stehen aber solche Reihen von Objectiysystemen, die einen derartigen Wechsel gestatten, eben nicht Jedem zu Gebote, und muss man sich in solchem Falle allerdings mit der Anwendung stärkerer Oculare helfen.

Der Gebrauch der letzteren ist indessen auch nicht so ganz und unbedingt zu verwerfen, wie dies von mancher Seite geschieht. Wenn nur die Objectivsysteme die erforderliche Vollendung besitzen, wenn dieselben hinreichend lichtstark und die beiden Abweichungen gut verbessert sind, dann lässt sich auch durch verstärkte Ocularvergrösserung Manches erreichen und es können noch feinere Einzelheiten aufgehellt werden, die der schwächeren Vergrösserung halber nicht ganz klar hervorgetreten waren. Wo aber die Objectivsysteme nicht den erforderlichen Grad der Vollkommenheit besitzen, wo dieselben an Lichtstärke Mangel leiden und ihnen noch Fehler, namentlich der sphärischen Abweichung, anhaften, da ist eine Steigerung der Vergrösserung durch das Ocular entschieden zu widerrathen. Nächst der Beschaffenheit der Objectivsysteme kommt bei dieser Frage aber auch die Construction der Oculare selbst in Betracht. Je mehr Sorgfalt von Seiten des betreffenden Optikers auf das Zusammenwirken der beiden Factoren zur Darstellung des mikroskopischen Bildes verwendet worden ist, desto unumschränkter darf man sich stärkerer Ocularvergrösserungen bedienen. Ich habe in dieser Beziehung namentlich die orthoskopischen Oculare von Belthle für zweckmässig befunden und es können dieselben noch bis zu den stärksten Vergrösserungen recht gut gebraucht werden. Auch die Oculare von Hartnack, Schröder, Merz und Zeiss sind sehr sorgfältig mit den Objectivsystemen in Uebereinstimmung gebracht.

Häufig kann man da, wo das Bild bei stärkerer Ocularvergrösserung etwas gelitten hat, durch Veränderung der Entfernung zwischen Objectivsystem und Ocular manche kleine Fehler heben. Freilich muss zu dem Ende das Rohr verkürzbar sein, was nicht bei allen Instrumenten der Fall ist.

Bei der Beleuchtung mittelst auffallenden Lichtes, wobei die Grenzen der Vergrösserungen überhaupt weit enger gezogen sind, als bei der Beleuchtung mittelst durchgehenden Lichtes, lässt sich schon aus dem Grunde, weil Objectivsysteme von geringer Brennweite dem Objecte zu sehr genähert werden müssen, als dass es noch hinreichend kräftig beleuchtet werden könnte, obige Regel nicht durchweg anwenden. Man wird sich hier nicht selten an die Vergrösserung des Bildes mittelst stärkerer Oculare halten müssen. Uebrigens ist hier auch weit weniger für die Schärfe der Beobachtung zu fürchten, weil es sich bei dieser Art von Untersuchungen wohl kaum um sehr schwierig zu erkennende und zu beurtheilende Organisationsverhältnisse handelt.

Wechsel der Einstellung. — Die richtige Behandlung der Einstellung ist für die Beurtheilung der meisten Structurverhältnisse von erheblicher Bedeutung, indem es in den meisten Fällen bei einer mikroskopischen Beobachtung nicht ausreichend ist, das betreffende Präparat so einzustellen, dass man von demselben eben nur im Allgemeinen ein deutliches scharfes Bild erhält. In der Regel ist es

kaum möglich, einen Schnitt so anzufertigen, dass alle die Structurverhältnisse, welche zu untersuchen sind, sich in einer Fläche concentrirt finden. Nun gibt aber das Mikroskop, namentlich wenn stärkere Objectivvergrösserungen zur Anwendung kommen, bekanntlich immer nur ein deutliches Bild von dem, was in einer und derselben Ebene liegt. Man muss sonach den Gegenstand so zu sagen in verschiedenen Tiefen durchsuchen, um sich eine genaue Anschauung seines Baues zu verschaffen. Hierzu aber bietet der geschickte Gebrauch der Einstellung das einzige Mittel, obgleich auch ihr gewisse Grenzen gesteckt sind, die je nach der Form der betreffenden Objecte und der Brennweite des gebrauchten Objectivsystemes mehr oder minder enge werden. Die feine Einstellung, die keinem brauchbaren Mikroskope fehlen darf, ist in den Händen des geübten Beobachters eines der wichtigsten Hilfsmittel, um eine möglichst vielseitige Anschauung des zu untersuchenden Objectes zu gewinnen. Mittelst einer stetigen Anwendung derselben ist es möglich, ähnlich wie wir es mittelst des blossen Auges zu thun gewohnt sind, nach und nach verschiedene Schichten des Präparates zu durchdringen und ihr gegenseitiges Verhältniss zueinander, ihre gegenseitige Verbindung untereinander zu erkennen. Der erfahrene Beobachter wird daher, mag der Gegenstand seiner Beobachtung von irgend einer Beschaffenheit sein, beständig seine Hand an der Schraube für die feine Einstellung haben, auf das Sorgfältigste die Aenderung verfolgen, welche der stete Wechsel derselben in der Gestaltung des Bildes hervorbringt, und sich erst dann befriedigt finden, wenn er das Object nicht nur über seine ganzen Oberfläche, sondern auch seiner ganzen Tiefe nach durchforscht hat.

Was bei körperlichen Gegenständen die in verschiedenen Richtungen geführten Durchschnitte oft nicht ganz aufzuhellen vermögen, das wird häufig durch einen geschickten Gebrauch der feinen Einstellung klar. Bei den unregelmässig polyëdrischen Formen der Pflanzenzellen z. B. gelingt es nur durch die Combination der bei wechselnder Einstellung stetig aufeinander folgenden Durchschnittsansichten, sich ein deutliches Bild von denselben zu verschaffen, an dessen Construction die combinirende Einbildungskraft den möglichst geringen Antheil hat, das also der Natur am vollkommensten entspricht.

Ganz ähnlich gestaltet sich das Verhältniss, wo es sich um die Entscheidung handelt, welche von den, in verschiedenen Formen abgelagerten Verdickungsschichten, als Streifen erscheinenden verdünnten Stellen, namentlich vegetabilischer Membranen, dem inneren oder äusseren Theile der letzteren angehört. Freilich wird hier eine passende Schnittrichtung auch das Ihre thun müssen, aber es bleibt immer noch dem Wechsel der Einstellung ein und das andere zur Aufhellung übrig, und muss dieselbe gerade in diesen Fällen mit der grössten Sorgfalt angewendet werden.

Nicht selten entsteht auch die Frage, welche relative Lage verschiedene Elementarorgane ein und desselben Präparates gegeneinander haben, ob das eine über oder unter dem andern liegt. Hier kann aber in

den meisten Fällen nur der geschickte Gebrauch der feinen Einstellung sichere Anhaltspunkte liefern.

Ermittlung der Reliefverhältnisse. — Von grosser Wichtigkeit wird der Wechsel der Einstellung — wenn erforderlich in Verbindung mit schiefer Beleuchtung — bei der Beobachtung von kleinen hohlen und soliden Fasern, Bläschen, Kügelchen und dergleichen, ebenso der allermeisten Zeichnungen der Membranoberflächen. Ob solche, mögen sie nun in Form von parallelen oder sich kreuzenden Streifen, oder von Ringen, Punkten und dergleichen auftreten, durch Erhöhungen oder Vertiefungen hervorgerufen sind, lässt sich nicht gerade immer durch entsprechend geführte Schnitte ausmitteln, und kann für eine Entscheidung in dieser Beziehung dann neben einer sorgfältig regulirten Beleuchtung nur der Umstand maassgebend sein, ob zur Gewinnung eines gewissen Bildes solcher Elemente der für die Hauptdurchschnittsebene regulirte Focalabstand durch Hebung oder Senkung des Rohres verändert werden muss, und wie dieses Bild bei schiefer Beleuchtung verschoben wird.

Um die Beurtheilung dieser letzteren und der Reliefverhältnisse überhaupt hat sich Prof. H. Welcker in Halle grosses Verdienst erworben.

Er ging dabei von der Beobachtung aus (siehe Seite 311 und 312), dass Luftblasen in Wasser und überhaupt ein jedes von sphärischen Flächen begrenztes dünneres Mittel, welches von einem dichteren eingeschlossen wird, gleich einer Concavlinse, Oeltröpfchen in Wasser und überhaupt jedes sphärisch begrenzte dichtere, in einem dünneren eingeschlossene Mittel gleich einer Convexlinse wirken, erstere ein Lichtbild der Blendung erzeugen, wenn man unterhalb der Aequatorialzone einstellt, letztere dagegen, wenn man die Einstellebene über diese Zone verlegt.

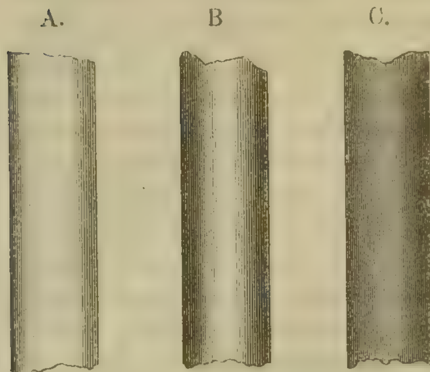
Die von Professor Welcker gegebene Einstellregel zur Beurtheilung der Reliefverhältnisse lautet: „Zeigt ein Object seinen lebhaftesten Glanz beim Erheben des Tubus, so hat man den Tubus auf den Gipfel einer Erhabenheit „„hinaufgehoben““; findet sich der Glanz beim Senken des Tubus, so hat man den Tubus in eine Vertiefung „hinabgesenkt“.“

Solide kugelförmige Körperchen, Fetttröpfchen, Milchkügelchen, Eiterkörperchen u. dergl. lassen sich, wie wir weiter oben (Seite 311 und 312) gesehen haben, sofort leicht mittelst dieser Regel von Gas- und Luftbläschen unterscheiden. Bei cylinderähnlichen Körpern bleiben die Verhältnisse wesentlich dieselben, wie bei hohlen Bläschen und soliden Kügelchen, es ändert sich nur das Lichtbild der Blendung in einer der Form des Objectes entsprechenden Weise.

Die solide Faser, Fig. 225, (als künstliches Object dient zweckmässig ein Glasfaden) gibt sich, sobald sie von einem weniger dichten Medium umgeben wird (Glasfaden in Luft oder Wasser) dadurch zu erkennen, dass dieselbe, wenn man von einer mittleren Tubusstellung auf den Achsen-

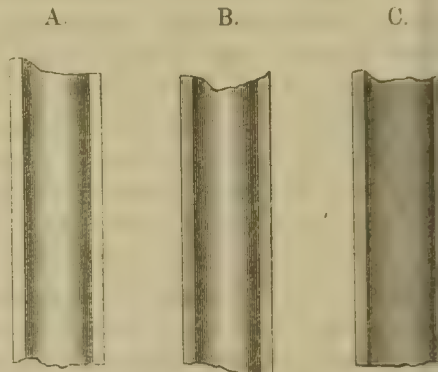
schnitt ausgeht, bei der sie ihre grösste Breite, scharfen Umriss und einen über das ganze Object verbreiteten mässigen Glanz *A* besitzt, bei der

Fig. 225.



Glasfaden. A. bei mittlerer, B. bei hoher, C. bei tiefer Einstellung.

Fig. 226.



Glascapillare. A. bei mittlerer, B. bei tiefer, C. bei hoher Einstellung.

Hebung des Tubus eine über die Mitte des Bildes dahingehende glänzende Lichtlinie *B*, bei einer bis unter die mittlere hinabgehenden Einstellung dagegen ein verwaschenes Aussehen *C* zeigt. Besitzt das umgebende Mittel eine stärkere Brechkraft als die Faser selbst, so wirkt dieselbe jetzt wie eine Lücke in der stärker brechenden Substanz und zeigt die mittelständige Lichtlinie beim Senken, das verwaschene Aussehen beim Heben des Tubus (Glasfaden in Anisöl). Wird die Faser endlich von einer Flüssigkeit umgeben, welche ein mit ihrer Substanz nahezu gleiches Brechungsvermögen hat, so erscheint sie gleich einem flachen Bande (Glasfaden in Canadabalsam).

Hieraus geht hervor, dass man bei der Beurtheilung der Form auf das Sorgfältigste zu beachten hat, wie das Brechungsverhältniss der organischen Faser und der Zusatzflüssigkeit sich zu einander verhalten, und ehe man sich über ein gegebenes Gestaltverhältniss entscheidet, das betreffende Object in verschiedenen Zusatzflüssigkeiten beobachte.

Die mit Luft erfüllte hohle Faser (Fig. 226), ein feines Haarröhrchen aus Glas, zeigt bei mittlerer Einstellung fast die gleichen Verhältnisse, wie die feste Faser, und unterscheiden sich von dieser nur dadurch, dass an den beiden Rändern die doppelten Umrisse der Durchschnittsansicht ihrer festen Wände gesehen werden *A*. Im Uebrigen aber verhalten sie sich gerade umgekehrt. Die Hebung des Tubus bewirkt verwaschene Bilder *C*, während bei der unter die mittlere herabgehenden Einstellung die mittlere, glänzende Lichtlinie *B* zum Vorschein kommt. Aehnlich wie die hohle Faser u. s. w. verhalten sich auch feine Canälchen in dichterer Substanz. Halbcylindrische Rinnen oder Furchen wirken unter allen Umständen gleich einer Zerstreuungslinse, gleichgültig, ob die hohle Seite nach unten oder oben, d. h. dem Beobachter ab- oder zugewendet ist. Der einzige

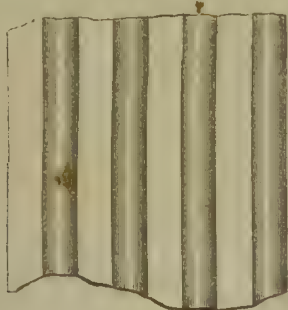
Unterschied für diese beiden Lagen besteht darin, dass der Tubus im ersteren Falle mehr, im anderen weniger gesenkt werden muss, um den höchsten Glanz der leuchtenden Mittellinie zu erreichen.

Tritt an die Stelle der lufthaltigen Hohlfaser oder Haarröhre eine solche, welche mit einer Flüssigkeit erfüllt ist, so verhält sich dieselbe ähnlich wie die solide Faser, wenn die Inhaltsflüssigkeit und die umgebende Flüssigkeit gleiches, oder nahezu gleiches, oder wenn die erstere ein grösseres, die letztere ein kleineres Brechungsvermögen besitzen. Man kann solide und hohle Fasern dann nur in der mittleren, den optischen Durchschnitt der soliden Wände zeigenden Einstellung von einander unterscheiden. Die Erfüllung mit einer, der umhüllenden an Brechkraft nachstehenden Flüssigkeit führt ein Verhalten herbei, welches dem der lufterfüllten Faser mehr oder minder nahe kommt. Wird im ersten Falle das Brechungsvermögen der erfüllenden und der umgebenden Flüssigkeit grösser, als jenes der festen nicht zu dünnen Wände, so erscheinen diese gleich Hohlräumen in dem stärker brechenden Mittel (Glascapillare mit Anisöl gefüllt und von diesem eingeschlossen).

Wenden wir dieses verschiedene Verhalten auf die Reliefverhältnisse der Oberflächen und den inneren Bau von Membranen u. s. w. an, so lassen sich dieselben danach leicht beurtheilen.

Befinden sich sphärisch begrenzte, rinnen- oder schüsselförmige Vertiefungen (Fig. 227) an der Oberfläche einer Membran u. s. w., so wirken dieselben gleich Concavlinsen und zeigen ihren höchsten Glanz bei dem Senken des Tubus. Treten dagegen kugelige, halbkugelige oder halbcylindrische Erhöhungen auf, so verhalten sich dieselben gleich Convex-

Fig. 227.



Halbcylindrische Erhöhungen oder Vertiefungen.

Fig. 228.



Dicht neben einander gestellte cylindrische Erhöhungen und Vertiefungen.

linsen und zeigen den höchsten Glanz, wenn man den Tubus von einer mittleren Einstellung aus hebt. Wechseln endlich rinnenförmige Vertiefungen mit halbcylindrischen Erhöhungen, nimmt die eine Oberfläche also wellenförmige Gestalt an, so glänzen erstere beim Senken, letztere beim Heben des Tubus, und während die einen den höchsten Glanz zeigen, liefern die anderen ein verwaschenes, dunkeles oder doch wenig glänzendes Bild (Fig. 228). In ganz ähnlicher Weise wirken mit ziemlich scharfen

Winkeln aus- und einspringende Oberflächenverschiedenheiten, ebenso nahezu oder ganz geradflächig begrenzte schmale Furchen und Leisten.

Etwas anders gestaltet sich das Verhalten, wenn man wellenförmig gebogene Membranen u. dergl. vor sich hat. Da hier beide Biegungen, diejenigen sowohl, welche ihre convexe, als diejenigen, welche ihre concave Seite dem Beobachter zuwenden, gleich Concavlinsen wirken, so zeigen beide ihren höchsten Glanz beim Senken des Tubus, bedingen aber in der Grösse der Senkung die oben bei den halbcylindrischen Röhren hervorgehobenen Unterschiede.

Wird statt der centralen Beleuchtung schiefes Licht angewendet, so ändert sich in den eben beschriebenen Erscheinungen nichts Wesentliches; es tritt nur eine Verlegung des Lichtbildes ein, und zwar nach der einen oder der anderen Seite, je nachdem der Spiegel nach der rechten oder linken Seite hin aus der Achse gerückt wird. Allgemein wird dasselbe bei Convexlinsen ähnlich wirkenden Objecten nach der der Lichtquelle abgewendeten, bei Concavlinsen ähnlich wirkenden nach der der Lichtquelle zugewendeten Seite des Objectes verlegt, muss also, da das zusammengesetzte Mikroskop umkehrt, auf der dem Spiegel zugewendeten oder abgewendeten Seite des Bildes erscheinen. Der Glasfaden, die solide Faser zeigt bei schiefer Beleuchtung und Hebung des Tubus die Lichtlinie auf der dem Spiegel zugewendeten Seite, der Hohlcylinder und die Rinne bei Senkung des Tubus auf der dem Spiegel abgewendeten Seite des mikroskopischen Bildes. Die Vertheilung von Licht und Dunkel erscheint in der Fig. 229 u. 230 *A* dargestellten Weise. Wählt man eine nahezu mittlere Einstellung, so ändern sich die Verhältnisse dahin, dass nun die eine Hälfte des betreffenden Körpers verdunkelt wird, während die zweite in einem, dasjenige des Gesichtsfeldes erreichenden oder etwas übertreffenden Lichte strahlt (Fig. 229 und 230 *B*).

Fig. 229.



Glasfaden bei von rechts einfallendem schiefen Lichte. A. bei hoher, B. bei etwas tieferer Einstellung.

Fig. 230.

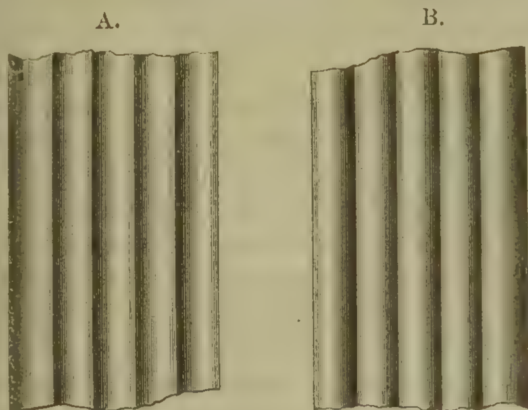


Glascapillare bei von rechts einfallendem schiefem Lichte. A. bei tiefer, B. bei weniger tiefer Einstellung.

Aus diesem Verhalten von Voll- und Hohlcylinder, oder was dasselbe ist, von halbcylindrischer Erhöhung und Vertiefung gegen den schiefen Einfall der Lichtstrahlen beruht der oben (S. 347) besprochene Einfluss der excentrischen Beleuchtung auf die Sichtbarmachung von derartig oder ähnlich gestalteten Structurverhälnissen der Oberflächen. Wird eine solche aus dicht aneinandergrenzenden halbcylinderförmigen

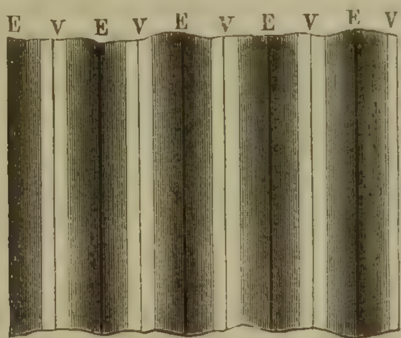
Erhöhungen und Vertiefungen gebildet, so hat man es in seiner Gewalt, durch entsprechend geregelten Einfall des Lichtes und passend gewählte Einstellung ein solches Verhältniss zwischen hellen und dunklen Stellen (Fig. 231), somit zwischen positiven und negativen Gesichtseindrücken herzustellen, dass dieselben mit hinreichender Schärfe aufgefasst werden können. Treten beide Formverhältnisse in wechselnder Folge auf, so fallen bei einer nahezu mittleren Einstellung, in der nicht wesentlich an Intensität der Beleuchtungsverhältnisse verloren geht, je zwei lichte und je zwei dunkle Stellen zusammen (Fig. 232), nehmen also einen etwa doppelt so grossen Raum ein und können eher zur Wahrnehmung gelangen, als in der bei centraler Beleuchtung stattfindenden Licht- und Schattenvertheilung. Dass hierbei eine Reduction der leuchtenden und dunklen Stellen auf die Hälfte stattfinde, was Manche behaupten, ist, wie aus der Betrachtung der Figur hervorgeht, durchaus nicht begründet. Erscheint endlich die Oberflächenbeschaffenheit durch halbkuglige oder ähnliche, in Reihen geordnete Vertiefungen oder Erhöhungen bedingt, so ist leicht einzusehen, wie solche unter entsprechenden Verhältnissen bei schiefer Beleuchtung ebenfalls als abwechselnd dunkle und helle Streifen erscheinen können (Fig. 233).

Fig. 231.



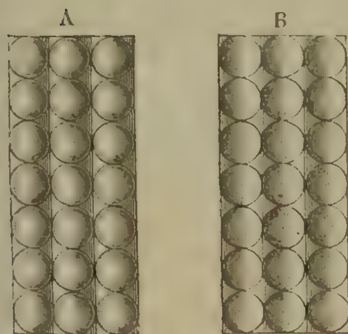
Halbcylindrische dicht nebeneinanderliegende Erhöhungen A, und Vertiefungen B, bei schiefer Beleuchtung.

Fig. 232.



Wechselnde halbcylindrische Erhöhungen E, und Vertiefungen V, bei schiefer Beleuchtung.

Fig 233.



Halbkuglige Vertiefungen A, und Erhabenheiten B, bei schiefer Beleuchtung.

Aus dem geschilderten Verhalten

von Glasfaden und gefülltem Hohlcylinder in einer deren eigenes Brechungsvermögen an Brechkraft übertreffenden Substanz geht hervor, dass stärker und minder stark brechende, d. h. dichtere und weniger dichte Theile eines und desselben Objectes sich ähnlich verhalten müssen wie cylindrische Erhabenheiten oder Vertiefungen einer Membran. Um daher zu entscheiden, ob derartige bei Beobachtung unter Wasser in dem mikroskopischen Bilde sich kundgebende Verschiedenheiten eines beliebigen Objectes durch Structur- oder Dichtigkeitsunterschiede bedingt sind, ist es nothwendig, mit den Zusatzflüssigkeiten zu wechseln und namentlich solche, das Untersuchungsobject an lichtbrechendem Vermögen übertreffende Substanzen anzuwenden, durch welche das Bild entweder in ersterem Falle dem angegebenen Verhalten gemäss geändert, oder in letzterem Falle im Wesentlichen ungeändert erhalten wird. Zeigt das betreffende Structurverhältniss jetzt beim Senken des Tubus seinen höchsten Glanz, so hat man es mit einer Erhabenheit zu thun, während man auf eine Vertiefung zu schliessen berechtigt ist, wenn der höchste Glanz beim Heben des Tubus hervortritt. Um sich hier die Beurtheilung der Tubusstellung zu erleichtern, geht man entweder wie oben von einer mittleren Tubusstellung aus, oder man bewirkt die Einstellung, indem man das Rohr aus einer Höhe herabsenkt, in der man noch kein deutliches Bild von dem Objecte hat. Vertiefungen erscheinen dann zuerst hell auf dunkelem Grunde, Erhabenheiten dagegen dunkel auf hellem Grunde, bis sich nach weiterem Senken des Rohres das Bild geradezu umkehrt. Soll die Sicherheit der Entscheidung nicht getrübt werden, so muss sich das betreffende Object in seinem natürlichen Zustande befinden und dürfen etwaige Dichtigkeitsunterschiede nicht durch vorbereitende Behandlung, Trocknen und dergleichen, gestört sein.

Gebrauch der Verbesserungseinrichtung. — An den Gebrauch der Einstellung schliesst sich unmittelbar der Gebrauch der Verbesserungseinrichtung an, welche bestimmt ist, bei den Objectivsystemen von kurzer Brennweite und grosser Oeffnung den Einfluss des Deckglases auf das Bild zu beseitigen. Mit der Einrichtung selbst haben wir uns schon weiter oben vertraut gemacht, und bleibt daher nur noch zu erörtern, wie man am einfachsten und schnellsten eine möglichst genaue Verbesserung zu erreichen vermag. Es sind zu diesem Ende, namentlich von englischen Mikrographen, bei denen diese Art von Objectivsystemen zuerst in Gebrauch kam, mancherlei Vorschriften ertheilt worden. Eine der einfachsten ist die von Wenham in dem „2. Bde. des Quart. Journal of Microsc. Science, p. 138" empfohlene. Er sagt: „Man wähle irgend einen dunkeln Punkt des Objectes aus, bringe ihn genau in den Focus, bewege dann das Rohr aus dieser Stellung rasch auf- und abwärts und merke genau auf die Ausdehnung seiner Begrenzung, sowohl wenn das Objectiv dem Gegenstand genähert, als wenn es von demselben entfernt wird. Ist die Begrenzung von grösserer Ausdehnung, wenn sich der Punkt ausser-

halb des Focus befindet, so müssen die Linsen einander mehr genähert im anderen Falle von einander entfernt werden, und man hat das Objectiv erst dann richtig corrigirt, wenn die Ausdehnung der Grenze gleichmässig zunimmt, man mag dasselbe von dem Gegenstande entfernen oder demselben nähern."

Für einzelne Fälle mag man mit der Befolgung solcher Regeln wohl auskommen, der Anfänger wird davon gewöhnlich im Stiche gelassen und sich erst durch längeren Gebrauch die Fertigkeit erwerben müssen, seine Correction richtig auszuführen. Da man indessen den zu beobachtenden Gegenstand vorher in der Regel schon mittelst anderer Objectivsysteme betrachtet hat, ehe man zu diesen stärksten und empfindlichsten Systemen schreitet, so kennt man denselben hinreichend genau, um beurtheilen zu können, in wieweit das Begrenzungsvermögen u. s. w. mangelhaft erscheint. Ein kurzes Versuchen wird dann bald die richtige Stellung der beweglichen Linsen gegeneinander finden lassen. Man gewöhne sich dabei nur daran, dass, während die eine Hand die Correctionsschraube bewegt, die andere die feine Einstellung regelt, damit das Object stets im Focus bleibt und man die Schärfe seiner Umrisse u. s. w. immer gradweise verfolgen und richtig beurtheilen kann.

Nur auf einen Fall muss ich in dieser Beziehung hinweisen, der, soviel mir bekannt, bis jetzt noch nicht beachtet worden ist und auf den mich zuerst Hartnack aufmerksam machte. War nämlich ein Object bei gerader Beleuchtung eingestellt und die Correction vollzogen, so wird man, namentlich bei sehr schwierigen Objecten, wie die feine Zeichnung auf den Diatomeenschalen, mit Erstaunen finden, dass schiefes Licht nun nicht die Wirkung äussert, welche man erwartete. Das Bild erscheint matter, als man es bei anderen Objecten zu sehen gewohnt ist, und es wird einer mehr oder minder stärkeren Annäherung der Linsen bedürfen, damit es in voller Schärfe und Bestimmtheit zur Anschauung kommt. Ist dieser Umstand auch für die eigentlich histiologischen Untersuchungen weniger von Bedeutung, so darf man ihn doch bei der Erforschung zarter Oberflächenstructuren, ebenso bei der Beurtheilung der Leistungsfähigkeit von Correctionssystemen in Bezug auf ihr Auflösungsvermögen bei schiefem Lichte nicht ausser Acht lassen.

Anwendung der physikalischen Hilfsmittel der Beobachtung.

Unter den physikalischen Hilfsmitteln der Beobachtung verdienen namentlich die Grössenbestimmung der mikroskopischen Objecte, der wir einen besonderen Abschnitt widmen müssen, die Anwendung eines allmäligen, gleichmässigen Druckes, die Einwirkung erhöhter Temperatur und der Elektricität, von denen letztere bis in die neueste Zeit zu wenig beachtet worden waren, unsere besondere Aufmerksamkeit.

Anwendung des Druckes. — Die Anwendung des Druckes ist in einzelnen Fällen für die mikroskopische Untersuchung nicht ohne Erfolg; nur

muss man dabei mit grosser Vorsicht verfahren und namentlich nicht glauben, dass durch denselben die eigentliche Präparation in einer oder der anderen Weise ersetzt werden könne. Allerdings mag es Fälle geben, bei denen in Folge der Beschaffenheit des Gegenstandes selbst die geschickte Handhabung von Messer und Nadel nicht ausreicht, um Einzelnes zur Anschauung zu bringen, was sich mittelst sorgfältiger Anwendung des Druckes erreichen lässt, indem durch ihn entweder einzelne Theile des Präparates ausser Zusammenhang gebracht, oder doch in seinem Inneren gelegene Elemente sichtbar gemacht werden können. Im Allgemeinen beschränken sich jedoch diese Fälle mehr auf die Untersuchung der ersten Stadien der thierischen Entwickelungsgeschichte und mancher weichen thierischen Gewebe, da hier die zu grosse Weichheit eine andere geeignete Präparation nicht gestattet, in Folge der man sich volle Einsicht über den Zusammenhang der einzelnen Theile zu verschaffen im Stande wäre. In der Pflanzenhistiologie lässt sich der Druck in dieser Weise kaum anwenden. In allen Fällen, wo derselbe mehr als Hilfsmittel der Präparation denn der Beobachtung dient, ist besonders darauf zu achten, dass man denselben nur in solchem Umfange anwendet, wie ihn die Sichtbarmachung der betreffenden Organisationsverhältnisse erfordert. Ferner hat man sorgfältig die Veränderungen zu bedenken, welche dadurch in einzelnen Theilen des Objectes hervorgerufen werden könnten, um sich nicht zu einer falschen Beurtheilung des Beobachteten verleiten zu lassen.

Wichtiger denn als Präparationsmittel ist die Anwendung des Druckes als Hilfsmittel der Beobachtung an und für sich und ist es oft nur durch sie möglich, über einzelne Structurverhältnisse zu einer bestimmten Entscheidung zu kommen. So lässt sich z. B. trotz der eben ertheilten Einstellungsregeln manchmal nur mittelst Anwendung des Druckes entscheiden, ob man einen hohlen oder soliden äusserst kleinen Körper vor sich hat, ob ein winziges kugelförmiges Object, ein weiches oder hartes Kügelchen oder ein Bläschen sei. Ebenso wird das Verhalten des Inhaltes der Elementarorgane zum Drucke in vielen Fällen wichtig und bietet dieses oft das einzige Mittel, um jenen da, wo er der Beobachtung der Organisationsverhältnisse hinderlich sein könnte, auszutreiben. Endlich kann der Druck angewendet werden, um Bewegungen der Objecte zu hindern, welche der ruhigen Beobachtung störend entgegentreten, wie das namentlich bei der Untersuchung über niedere Pflanzen und Thiere der Fall ist. In allen diesen Fällen muss man immer die nöthige Stärke des Druckes ermessen, welche das betreffende Object ohne Schaden zu ertragen im Stande ist. Eine allgemeine Regel lässt sich hierfür aber eben so wenig geben, als dafür, in welchen Fällen überhaupt der Druck Anwendung finden soll. Es ist dafür eben die Beurtheilung jedes einzelnen Falles nothwendig und kann neben den Andeutungen, welche die speciellen Untersuchungsmethoden zu ertheilen haben, nur die Erfahrung und das durch dieselbe gebildete eigene Urtheil maassgebend sein.

Um den gewünschten Druck auszuüben gibt es namentlich zwei

Wege, von denen jeder seine Vor- und Nachtheile hat. Man bewirkt denselben nämlich entweder mittelst des weiter oben beschriebenen Quetschers oder mittelst der blossen Hand. Letzteres Mittel ist unter allen Umständen das einfachere und gewährt ausserdem den Vortheil, dass man durch Verschieben des Deckglases das Object hin- und herrollen, ihm dadurch die für die Beobachtung günstigste Seite abgewinnen, und den Druck sowohl nach verschiedenen Richtungen, als in wechselnder, bald vermehrter, bald verminderter Stärke wirken lassen kann. Allerdings ist dabei diese letztere nicht hinreichend genau zu bemessen, und es kann leicht der geübte Druck zu stark ausfallen und das Präparat verderben. Ausserdem ist eine allmälige Steigerung des Druckes mittelst der blossen Hand nicht gut möglich und gestattet deren Gebrauch eben so wenig eine länger andauernde Gleichmässigkeit desselben. Man kann sich indessen in dieser Beziehung leicht helfen, wenn man zwischen Objectträger und Deckglas Stückchen einer weichen Masse, z. B. eines Gemisches aus Wachs und damit zusammengeschmolzenem Terpentin bringt, wodurch es möglich wird, den Druck allmälig zu steigern, und für einige Zeit bei einem gewissen Grade der Stärke zu erhalten.

Anwendung erhöhter Temperatur. — Die Einwirkung erhöhter Temperatur auf einzelne Theile von Geweben, namentlich aber auf manche Elemente des Zellen- und Gefässinhaltes ist häufig höchst wünschenswerth und der Beobachtung in gewissem Maasse förderlich.

Eine bis zur Siedehitze des Wassers gesteigerte und noch höhere Temperatur wird sich namentlich bei dem Gebrauche der weiter oben besprochenen mikrochemischen Hilfsmittel, sowie bei der Untersuchung mancher Inhaltselemente als erwünscht erweisen. Man muss indessen bedenken, dass der Anwendung so hoher Grade von Wärme während der Dauer der mikroskopischen Beobachtung mancherlei entgegensteht. Erstlich sind es schon der ganze Bau des Instrumentes und die während der Erwärmung der Zusatzflüssigkeit sich entwickelnden Dämpfe, welche eine gewisse Beschränkung auferlegen. Dann ist zu erwägen, dass in Folge der Erwärmung in der Zusatzflüssigkeit immer Strömungen entstehen, wodurch trotz der Bedeckung mittelst Deckglases das zu beobachtende Object in einer beständigen Bewegung erhalten und eine dauernde, genaue Beobachtung unmöglich gemacht wird. Man wird sich daher in den meisten Fällen darauf beschränken müssen, die Erwärmung für sich vorzunehmen und das Object erst nach gehöriger Abkühlung unter das Mikroskop zu bringen. Es ist dann freilich für alle solche Fälle, wo die Wirkung einer allmälig gesteigerten Temperaturerhöhung studirt werden soll, etwas mehr Mühe und Zeit aufzuwenden, indem man denselben Gegenstand nach und nach stärker erwärmen und immer wieder verkühlen lassen muss. Wo indessen eine directe Beobachtung der unter dem Einfluss der erhöhten Temperatur vor sich gehenden Veränderungen geboten ist und die Zusatzflüssigkeit wegen der Schädlichkeit sich ent-

wickelnder Dämpfe es nicht geradezu verbietet, da muss man sich dazu entschliessen, das Object zu erwärmen, während es sich im Focus befindet. Man kann hierbei, wenn man den früher beschriebenen heizbaren Objecttisch nicht verwenden will, auf folgende höchst einfache Weise verfahren: Das Präparat bringt man auf einen, locker in einen messingenen oder hölzernen Rahmen gelegten Objectträger von der früher beschriebenen Form und Grösse, aber aus dem dünnen Glase, woraus man die Deckgläser schneidet, und bedeckt ihn, um die entstehenden Dämpfe möglichst von dem Objectivsystem abzuhalten, mit einem grossen, mindestens 20 Millimeter Seite haltenden Deckglase. Zur Erwärmung selbst dient eine kleine Spirituslampe, die sich leicht aus einer Glasröhre mit angeblasener Kugel verfertigen und in der Weise biegen lässt, dass man die kleine Flamme leicht durch die Tischöffnung auf den Objectträger wirken lassen kann. Die von einigen Mikroskopikern empfohlenen gebogenen Wachskerzchen sind deshalb nicht als Wärmequelle geeignet, weil sie Russ an den Objectträger absetzen und denselben schwärzen, was zwar bei Beobachtungen mittelst auffallenden Lichtes nichts zu sagen hat, dagegen sehr störend wirkt, wenn durchfallendes Licht verwendet wird.

Weit wichtiger als die Anwendung so hoher Temperatur ist jene von mittlerer Stärke bis zur Blutwärme und etwas darüber hinaus. Man wird solche mittlere Wärmegrade immer mit grossem Nutzen bei manchen Erscheinungen des Zellenlebens der Pflanzen anwenden, so z. B. bei den Beobachtungen über die Bewegungen des Protoplasmas. Vor allem aber müssen dieselben für die Untersuchung der Gewebe warmblütiger Thiere die höchste Bedeutung erlangen, wie dies die meisten Untersuchungen von Max Schultze und Anderen beweisen. Hier wird die Ausbildung der speciellen Untersuchungsmethoden für die Zukunft überall die normalen Temperaturverhältnisse, unter denen die Gewebe stehen, auf das Sorgfältigste in Rechnung zu ziehen haben, wenn uns die Beobachtungen brauchbares Material für die Erkenntniss der Entwickelungsgeschichte der Elementarorgane und Gewebe sowie für das Verständniss der diesen eigenen Lebenserscheinungen liefern sollen. Derartige einfache Veranstaltungen, wie ich oben eine erwähnt habe und wie man sie von manchen Seiten angewendet hat, reichen dann aber auch keineswegs mehr aus. Der heizbare Objecttisch von Max Schultze, welcher in dem vorigen Abschnitte beschrieben worden ist, wird hier in Verbindung mit der, die Verdunstung der Zusatzflüssigkeit verhindernden feuchten Kammer zu einem der wichtigsten Nebenapparate des ausübenden Mikroskopikers. Der optische Apparat des Mikroskopes leidet bei der Anwendung dieser beiden Vorrichtungen durchaus nicht und bedarf es in Hinsicht auf denselben weder besonderer Veranstaltungen noch besonders construirter Objectivsysteme (Eintauchsysteme), indem, wie uns Max Schultze berichtet, bei stärkeren Vergrösserungen und einigermaassen grossen Deckgläsern ein Beschlagen der Objectivlinsen nicht zu fürchten ist.

Anwendung elektrischer Ströme. — Um die Einwirkung des elektrischen Stromes auf den Blutumlauf, die Flimmerbewegung, die Bewegungen niederer Thiere und Pflanzen, die Strömungen des Protoplasmas und dergleichen zu beobachten, wendet man einen der in dem vorigen Abschnitte beschriebenen elektrischen Objectträger an, indem dessen Entladungsdrähte mit den Poldrähten irgend einer stromerzeugenden Vorrichtung in Verbindung gebracht werden. Man hat in der neueren Zeit wohl am häufigsten von dem Du Bois-Reymond'schen Schlittenapparate Gebrauch gemacht. Ich möchte aber dessen Anwendung in Rücksicht auf das Mikroskop nicht gerade empfehlen. Ich selbst habe mich bei meinen Untersuchungen eines magnetelektrischen Rotationsapparates bedient und glaube, dass derselbe dem vorgenannten fast überall vorzuziehen sein dürfte.

Anwendung der chemischen Reagentien.

Für eine nicht unbedeutende Anzahl, ja man kann sagen für die meisten wissenschaftlichen mikroskopischen Untersuchungen ist die Behandlung der betreffenden Objecte mittelst chemischer Reagentien von hoher Bedeutung, indem häufig kein anderes Hilfsmittel ausreicht, um sich über die Constitution einer organischen Substanz, sei es, dass dieselbe an der Zusammensetzung der Gewebe selbst Theil nimmt, sei es, dass sie dem Inhalte der Zellen, Gefässe u. s. w. angehört, ein sicheres Urtheil zu bilden.

Es kann hier natürlich nicht die Rede davon sein, eine ausführliche Anleitung der mikrochemischen Analyse oder auch nur die Regeln für alle besonderen Fälle der Anwendung chemischer Reactionen zu geben, welche dem besonderen Theile dieses Werkes vorbehalten bleiben müssen. Wir haben nur die allgemeinen Verfahrungsweisen, Vorsichtsmaassregeln und dergleichen, sowie die Wirkungsweise der vorzugsweise in Gebrauch befindlichen Reagentien auf die verschiedenen allgemeiner verbreiteten organischen Substanzen des Thier- und Pflanzenkörpers zu betrachten.

Im Ganzen und Grossen ist die Anwendung der mikrochemischen Hilfsmittel höchst einfach und der ganze dabei zu gebrauchende Apparat erstreckt sich neben den Aufbewahrungsgefässen auf ein paar Glasstäbe und Glasröhrchen, Uhrgläschen, kleine Abdampfschälchen, Spritzfläschchen und die sonst bei jeder mikroskopischen Untersuchung unentbehrlichen Utensilien.

Zuführung der Reagentien. — Gilt es nur den Nachweis irgend einer chemischen Verbindung, sei es in Membran oder Inhalt, so umgibt man das vorher mit Wasser befeuchtete, nöthigenfalls auch von Harzen, Fetten und dergleichen störenden Substanzen befreite Präparat mit einem Tropfen des betreffenden Reagenses, bedeckt dasselbe und hat es nun zur Beobachtung fertig.

In der Regel ist es aber erwünscht, die ganz allmälig erfolgende Wirkung eines bestimmten Reagenses auf einen bestimmten Theil eines

Gewebes oder Organes zu studiren. Hier wird man immer um so sicherer zum Ziele gelangen, je allmäliger die Vermischung jenes mit der Zusatzflüssigkeit geschieht, in welcher das frische Object liegt, und je vorsichtiger man dessen Concentrationsgrad beachtet, den man durch eine Zuführung immer neuer und kleiner Mengen der betreffenden Lösung leicht zu regeln vermag. Man bringt zu dem Ende einen Tropfen des erforderlichen Reagenses mittelst eines Glasstäbchens oder Glasröhrchens vorsichtig an den Rand des Deckglases, unter welchem das Präparat in Wasser liegt, lässt sich beide Flüssigkeiten mischen, beobachtet den Erfolg und fügt dann, falls es nöthig wird, in gleicher Weise Tropfen um Tropfen der Probeflüssigkeit hinzu, bis die erzielte Wirkung zum Vorschein kommt. Wo es wegen des Focalabstandes der Objectivsysteme zulässig ist, kann man eine noch stetigere Vermischung erzielen, wenn man unter das Deckglas einen feinen Baumwolle- oder Leinenfaden bringt und dessen hervorragendes Ende mit einem Tropfen der Probeflüssigkeit betupft. Sollte nach und nach die Menge der Zusatzflüssigkeit zu gross werden, so dass man ein Ueberfliessen über das Deckglas und damit eine Verunreinigung der unteren Linse des Objectivsystemes zu fürchten hätte, oder wünscht man mit dem Concentrationsgrade noch weiter zn steigen, so lässt sich der Ueberschuss an Flüssigkeit an dem einen Rande des Deckglases mittelst eines kleinen Stückchens Fliesspapier oder eines flach ausgebreiteten Haarpinsels leicht hinwegnehmen.

Entfernung der Reagentien. — Soll ein Reagens wieder ganz von einem Präparate entfernt und dieses hierauf mit Wasser ausgewaschen werden, so gilt es häufig, die grösste Vorsicht anzuwenden, namentlich wenn das Object sehr zart ist und man durch das Wegnehmen des Deckglases dasselbe zu verderben Aussicht hätte. Ich habe in diesem Falle unter allen Umständen folgendes Verfahren am einfachsten und zweckmässigsten befunden. Man bringt den Objectträger sammt dem bedeckten Präparate in eine mit einer hinreichenden Menge reinen Wassers gefüllte Porzellanschale. Es tritt dann noch eine gewisse Menge Wasser zu dem Reagens unter das Deckglas und hebt dasselbe etwas, so dass man es nun mittelst einer feinen Glasnadel leicht über das Präparat wegschieben kann, ohne dieses zu verletzen. Die das letztere umgebende Wassermenge reicht in der Regel zum Auswaschen desselben vollkommen aus und man kann es mittelst einer breiten messerartigen Präparirnadel oder eines feinen Haarpinsels ohne Weiteres auf einen frischen, bereit gehaltenen Objectträger bringen. Weniger schnell zum Ziele führend, für den minder geübten Beobachter indessen bei sehr zarten Präparaten vielleicht noch vorzuziehen, ist das von Harting empfohlene Verfahren. Nach diesem bringt man den Objectträger in eine etwas geneigte Lage und gibt auf den nach oben gekehrten Rand des Deckglases tropfenweise Wasser, welches unter dieses sich hineinzieht und die Probeflüssigkeit mit fortreisst, ohne das Object zu verletzen und weg-

zuführen. Wo das Präparat sehr dünn ist und das Deckglas somit zu fest aufliegt, um dem Wasser das Eindringen zu gestatten, da hebt man letzteres etwas und fügt zwischen beide Gläser einen dünnen Körper, etwa ein Haar oder dergleichen, ein, worauf das Ausspülen leichter von statten geht. Um sich in diesem Falle davon zu überzeugen, ob das Object hinreichend ausgewaschen ist, muss von Zeit zu Zeit das ablaufende Waschwasser mit den geeigneten Reagentien untersucht werden.

Gehen wir jetzt zu den im Thier- und Pflanzenkörper vorzugsweise und am weitesten verbreiteten organischen Verbindungen über, deren Vorhandensein durch die mikrochemischen Reactionen nachgewiesen werden soll, so stellen sich als solche namentlich die sogenannten Eiweisskörper und Leimsubstanzen, elastische Substanz, Zellstoff, Stärke, Rohr- und Traubenzucker, Dextrin, Gummi, Fette, fette und flüchtige Oele, Harze und Balsame, sowie die verschiedenen Gerbstoffmodificationen dar.

Eiweisskörper. — Die sogenannten Eiweisskörper (Albumin, Caseïn, Fibrin, Syntonin, Legumin) können in den organischen Geweben durch mehrere Reagentien nachgewiesen werden, welche ihnen eine bestimmte Färbung ertheilen. Es sind als solche namentlich folgende von verschiedenen Seiten empfohlen worden: Jodlösung, concentrirte Salpetersäure (namentlich in Verbindung mit Ammoniak), Salzsäure, salpetersaures Quecksilberoxyd, Zucker und Schwefelsäure, schwefelsaures Kupferoxyd und Aetzkali.

Die Jodlösung, welche allen stickstoffhaltigen Substanzen eine gelbe Färbung ertheilt, eignet sich für deren Nachweisung am allerwenigsten, weil sie auch andere Substanzen in gleicher oder ähnlicher Weise färbt und somit einen bestimmten Schluss nicht gestattet.

Weit geeigneter für vorliegenden Zweck ist die zuerst von Mulder empfohlene Salpetersäure, da durch dieselbe alle Eiweisskörper ohne Ausnahme unter Bildung von Xanthoproteïnsäure entschieden gelb gefärbt werden. Ein Zusatz von Ammoniak erhöht die Wirksamkeit bedeutend, weil das entstehende xanthoproteïnsaure Ammoniak eine noch dunklere Farbe besitzt als die Säure für sich. So sichere Schlüsse die Anwendung der Salpetersäure auch in manchen Fällen, namentlich aus der Pflanzenhistiologie, gestattet, so sehr hat man in anderen Fällen, vorzüglich bei der Untersuchung thierischer Gewebe, vorsichtig zu sein, worauf namentlich Harting aufmerksam gemacht hat. Da nämlich in der thierischen Ernährungsflüssigkeit immer stickstoffhaltige Verbindungen vorkommen und ausserdem die Xanthoproteïnsäure sowohl, als ihre Salze in Wasser leicht löslich sind, wodurch sich mittelst dieser oder anderer wässeriger Zusatzflüssigkeiten die Farbe des einen Gewebetheiles leicht über einen benachbarten verbreiten kann, so hat man wohl darauf zu achten, dass kein falsches Urtheil gefällt wird. Es empfiehlt sich daher, um in dieser Beziehung sicher zu gehen, ein möglichst vollständiges Ausziehen der betreffenden Gewebe mittelst Wasser, um aus denselben

vor der Einwirkung des Reagenses alle Ernährungsflüssigkeit zu beseitigen. Ein weiterer Uebelstand, namentlich für sehr zartwandige Gewebe, liegt darin, dass bei ihnen oft nicht leicht zu entscheiden ist, ob die entstandene Färbung der Zellmembran oder dem Inhalte oder beiden zugleich angehört, und dass ferner bei Lösungen von Eiweisssubstanzen die durch die Zusatzflüssigkeit verdünnte xanthoproteïnsaure Losung zu wenig Farbe hat, um bei starken Vergrösserungen noch hinreichend sicher erkannt zu werden, namentlich dann, wenn die Objectivsysteme schon an und für sich nicht ganz farblose, sondern etwas gelbliche Bilder gewähren.

Concentrirte Salzsäure ertheilt den Eiweisskörpern, wenn sie mit denselben längere Zeit in Berührung bleibt, eine schwärzlich violette Färbung, welche ihrer Intensität halber selbst bei geringen Mengen jener und bei stärkeren Vergrösserungen noch leicht wahrnehmbar ist. Sie würde aus diesem Grunde der Salpetersäure vorzuziehen sein, wenn zu ihrer Einwirkung eben nicht eine längere Dauer erforderlich wäre und wenn nicht in manchen Fällen selbst da eine nur schwache Färbung erfolgte, wo grössere Mengen von stickstoffhaltigen Verbindungen sich durch andere Reagentien mit Bestimmtheit nachweisen lassen.

Das salpetersaure Quecksilberoxydul ertheilt sowohl festen als gelösten Eiweisskörpern, nach einer 10 bis 20 Minuten dauernden Einwirkung, eine ziegelrothe Färbung, die sich durch Erwärmen bedeutend erhöhen lässt, ja in einzelnen Fällen erst nach demselben kenntlich hervortritt.

Zucker und Schwefelsäure, schon 1833 von Raspail, neuerdings wieder von Professor Schultz in Rostock als Reagens auf Eiweissstoffe empfohlen, ertheilen denselben nach einer mehrere Minuten bis eine Viertelstunde dauernden Einwirkung eine rosenrothe Färbung. Dieses Reagens hat indessen manche Nachtheile, welche es höchstens für vergleichende Reactionen tauglich machen. Erstlich misslingt die Färbung mittelst desselben hier und da und erscheint dieselbe oft so schwach, dass sie unter einigermaassen starken Vergrösserungen und bei durchfallendem Lichte kaum zu erkennen ist, dann gibt es ausser den Eiweisskörpern noch einige andere Verbindungen, auf welche dasselbe in ähnlicher Weise wirkt, endlich ist die durch die Schwefelsäure hervorgerufene Entwickelung von Gasblasen sowie die Zerstörung mancher Gewebetheile für die Beobachtung oft geradezu hinderlich. Die Anwendung dieses Reagenses geschieht in der Weise, dass man das Präparat zuerst mit einem Tropfen schwachen Zuckersyrups tränkt, diesen nach einiger Zeit mittelst eines Pinsels aufnimmt und schliesslich einen Tropfen englischer Schwefelsäure zusetzt.

Ein sehr vorzügliches, wenn auch etwas umständlich anzuwendendes Erkennungsmittel für die in Rede stehende Gruppe von Verbindungen, dessen Brauchbarkeit ich mannigfach erprobt habe. ist die von Dr. J. Sachs empfohlene Behandlung der betreffenden Präparate mit Lösungen von schwefelsaurem Kupferoxyd und Aetzkali, welche auch zur Erken-

nung anderer Verbindungen von Wichtigkeit sind. Dieses Reagens eignet sich für thierische Objecte im Allgemeinen, während es bei Pflanzengeweben vorzugsweise zur Prüfung des Zellinhaltes auf stickstoffhaltige Verbindungen, weniger für den Nachweis dieser letzteren in den Zellwänden geeignet erscheint. Will man mittelst desselben ein Präparat auf Stickstoffverbindungen prüfen, so legt man dasselbe je nach der Dicke des Schnittes, der für die Untersuchung des Inhaltes immer so stark zu nehmen ist, dass mindestens eine Zellenlage unverletzt bleibt, einige Minuten bis 1 Stunde in eine mässig concentrirte Auflösung von Kupfervitriol, spült es sorgfältig mit Wasser ab, so dass von der Lösung nichts mehr mechanisch hängen bleibt, hebt es mittelst einer flachen (Staar-) Nadel aus dem Wasser und bringt es in einen schon auf dem Objectträger bereit gehaltenen Tropfen von Kalilösung. Es entsteht nach dieser Behandlung meist sofort eine intensive Färbung der Eiweissstoffe, die bei auffallendem Lichte rein violett erscheint, bei durchgehendem Lichte dagegen etwas ins Weinrothe spielt und welche die schätzbare Eigenschaft besitzt, dass sie auch in sehr dünnen Schichten und in sehr verdünntem Zustande noch leicht erkennbar ist. Man kann in Folge dieser Eigenschaft durch diese Mittel auch noch geringe Mengen von Stickstoffverbindungen und sogar bei starken Vergrösserungen nachweisen. Kochen vermindert die Färbung in keiner Weise; im Gegentheil sie wird dadurch vielmehr erhöht. Dieselbe ist, was sehr zu beachten, so intensiv, dass sie auch noch im Vereine mit anderen, durch Traubenzucker u. s. w. hervorgerufenen Farbenerscheinungen deutlich hervortritt, sofern nur irgend erhebliche Mengen von Eiweisskörpern vorhanden sind.

Für die Erkennung der chemischen Zusammensetzung thierischer Gewebe kommen ausser den genannten Reagentien eine ziemlich concentrirte Auflösung von Aetznatron und concentrirte Essigsäure in Betracht. Beide Mittel lösen nämlich alle Eiweissverbindungen und die aus solchen bestehenden Gewebe und Gewebetheile auf, während z. B. chondrinhaltige Gewebe darin blos aufquellen, die Fasern des elastischen Gewebes aber gänzlich unverändert bleiben.

Leimsubstanzen. — Die Leimsubstanzen des thierischen Körpers (Chondrigen, Chondrin, Collagen u. s. w.) bilden Abkömmlinge von den Eiweisskörpern, mit denen sie auch manche Reactionen gemein haben. So z. B. färben sie sich mit Salpetersäure durch Bildung von Xanthoproteïnsäure hochgelb, mit schwefelsaurem Kupferoxyd und Kali behandelt violett. Von jenen unterscheiden sie sich dagegen durch ihr Verhalten gegen siedendes Wasser, in welchem sie nach längerer oder kürzerer Zeit gelöst werden, um dann hornartig zu erstarren. Zucker und Schwefelsäure ertheilt ihnen eine gelbbraune Färbung, die sich leicht von jener der echten Eiweisskörper unterscheiden lässt.

Elastische Substanz. — Die sogenannte elastische Substanz, welche die Grundlage mancher Bindegewebe, der sogenannten elastischen

Gewebe ausmacht, stammt wie die obigen von den Eiweisskörpern ab. Dieselbe ist unlöslich in heissem Wasser und unterscheidet sich dadurch von den vorhergehenden Substanzen, ebenso wie durch ihre Leichtlöslichkeit in verdünnter und erwärmter Salzsäure und durch ihre Reaction gegen schwefelsaures Kupferoxyd und Kali, von denen sie nach meinen Erfahrungen nicht gefärbt wird. Dagegen theilt sie mit diesen die Reactionen gegen Salpetersäure, sowie Zucker und Schwefelsäure.

Zellstoff. — Die häufiger gebrauchten charakteristischen Reagentien für den Zellstoff sind: Jodlösung für sich allein, Jodlösung und verdünnte Schwefelsäure, oder statt deren Chlorzinkjodlösung, ferner Kupferoder Nickeloxyd-Ammoniak, endlich schwefelsaures Kupferoxyd und Kali.

Jodlösung für sich bewirkt, soweit bekannt, nur in den Fruchtschläuchen der Flechten Blaufärbung. Andere weiche Gewebe nehmen diese Färbung mit Beihülfe von Eintrocknen in dem Reagens und nachfolgendem Befeuchten an.

Jod und Schwefelsäure ertheilen bekanntlich dem reinen Zellstoff eine mehr oder minder dunkle, blaue Färbung, was wahrscheinlich in einer chemischen Umwandlung desselben in Stärke seinen Grund findet. Man hat daher in der Anwendung dieser Reagentien zugleich ein Mittel an der Hand, um den Grad der Veränderung zu beurtheilen, welche der Zellstoff in den verschiedenen Geweben erfahren hat, mögen diese nun auf einer chemischen Umwandlung selbst, oder auf der Einlagerung fremder Stoffe — Holzstoff? — beruhen. Es wechselt nämlich die Färbung der Zellhüllen je nach der Reinheit des Zellstoffes vom rein Blauen durch das Blaugrüne bis ins reine Gelbe und Braune in mancherlei Abstufungen.

Um den Zellstoff in vollständig verholzten Geweben nachzuweisen, bedarf es vor der Behandlung mit Jod und Schwefelsäure einer vorbereitenden Behandlung mittelst des weiter oben genannten Schultz'schen Macerationsmittels oder kochender Aetzkalilösung, der schliesslich ein sorgfältiges Aussüssen mittelst Wassers folgen muss.

Die Verwendung der beiden Flüssigkeiten geschieht derart, dass man zuerst das Präparat mittelst der Jodlösung durchtränkt. Hat diese einige Zeit gewirkt, so nimmt man sie mittelst eines Haarpinsels hinweg, gibt einen Tropfen Schwefelsäure zu und bedeckt mit einem hinreichend grossen Deckglase. Ein Eintrocknenlassen der wässerigen Jodlösung, sowie ein wiederholtes Trocknen mit derselben wird immer nur in einzelnen Fällen nothwendig, dagegen empfiehlt sich das erstere dann, wenn man alkoholische Jodlösungen verwendet.

Die blaue Färbung tritt in der Regel kurz nach der Einwirkung der Schwefelsäure ein, verbreitet sich aber erst nach längerer Zeit gleichmässig über das ganze Präparat, indem die Mischung nicht sogleich an allen Stellen gleich stark wirkt. Von den schon erwähnten Schwefelsäuregemischen gebraucht man für ein und dieselbe Untersuchung zweck-

mässig immer nur solche von gleicher Verdünnung, weil man dadurch leichter über den Grad des Verholzungsprocesses orientirt wird, während bei einem anderen Verfahren die Farbenabstufungen in dieser Beziehung keinen sichern Schluss gestatten.

Die Anwendung von Jod und Schwefelsäure ist, obwohl in ihrer Wirkung ziemlich sicher, doch nicht für alle Fälle geeignet, weil die letztere erstlich immer mehr oder minder zerstörend auf die Membran namentlich zarter Gewebe wirkt, und dann gerade bei solchen Geweben die Färbung oft nur während eines Momentes erscheint und rasch wieder verschwindet, so dass sie der Beobachtung wohl ganz entgehen kann.

In solchen Fällen empfiehlt sich der Gebrauch der langsamer und nie zerstörend wirkenden Chlorzinkjodlösung (oder eines anderen Gemisches aus einer Jodmetall- und Jodlösung), welche jedoch nie eine rein blaue, sondern immer eine mehr oder minder röthlich blaue bis violette Färbung hervorruft. Auch für die Erkennung sehr geringer Veränderungen des Zellstoffes ist dieses Reagens fast noch werthvoller, als die beiden vorhergehenden, da sich die geringste Verholzung schon durch eine Veränderung in der Färbung zu erkennen gibt. Endlich ist die Anwendung desselben weit weniger umständlich und zeitraubend und ist es zu empfehlen, die Reaction auf Zellstoff stets mit Chlorzinkjodlösung zu beginnen, und erst dann, wenn dieselbe nicht in der gewünschten Weise wirkt, zu Jod und Schwefelsäure überzugehen.

Schwefelsaures Kupferoxyd und Aetzkalilösung in der oben geschilderten Weise auf dünne Schnitte angewendet, bewirken eine Blaufärbung der nicht verholzten Zellwände, vorausgesetzt, dass das Präparat mit ihnen längere Zeit, oft einige Stunden, bis einen halben Tag in Berührung bleibt. Die Färbung ist zwar nicht so dunkel, wie bei den eben genannten Reagentien, jedoch intensiv genug, um noch bei den stärkeren Vergrösserungen wahrgenommen werden zu können. Verholzte Zellwände nehmen damit eine gelbe Färbung an.

Ein sorgfältiges Abspülen der Präparate, die man aus der Kupfervitriollösung genommen hat, ist hier noch mehr zu beachten, als bei der Reaction auf den Zelleninhalt, damit auch nicht eine Spur des Salzes mechanisch haften bleibt und Täuschung veranlasst. Erwärmung erhöht die Färbung nur wenig, kann aber dazu dienen, um den Beobachter völlig zu überzeugen, dass die Bläuung der Zellwände nicht von mechanisch anhaftendem Kupfersalz und demzufolge von ausgeschiedenem Kupferoxydhydrat herrührt, welches durch das Kochen sofort in schwarzes Kupferoxyd übergeführt werden würde.

Das Kupfer- oder Nickeloxyd-Ammoniak ist für den reinen Zellstoff ein Lösungsmittel, während es auf die verholzten Zellwände nur aufquellend wirkt. Werden die letzteren indessen durch vorhergehende Behandlung mit dem Schultz'schen Macerationsgemische oder mit Aetzkali der sogenannten incrustirenden Substanzen beraubt, so tritt dieselbe Wirkung ein, wie bei gänzlich unverholzten Zellwänden. Da das Reagens vor

der Lösung immer zuerst aufquellend wirkt, so eignet es sich namentlich sehr gut zum Studium der Quellungserscheinungen. Als Lösungsmittel hat es vor der concentrirten Schwefelsäure höchstens den Vorzug, dass die Zellstofflösung flüssig bleibt und nicht granulirt, sich folglich leichter aus solchen Präparaten auswaschen lässt, wo man z. B. die Intercellularsubstanz isoliren will und der von der Schwefelsäure immer bleibende Rückstand die Anschauung trübt.

Stärke. — Die Stärke, ein Product des Pflanzenkörpers, kommt in den thierischen Geweben nur da vor, wo sie durch und mit der Nahrungsflüssigkeit hingelangt ist, denn ob die sogenannten Corpuscula amylacea, welche in dem Gehirn und den Nerven der in Zersetzung begriffenen menschlichen Leichen beobachtet worden sind, aus Stärke bestehen, darüber scheint man noch nicht recht einig zu sein. In den Pflanzen erscheint sie in der Regel in Form von verschieden gestalteten Körnern, worauf in dem speciellen Theil zurückzukommen ist. Nur selten findet sie sich daselbst nach neueren Untersuchungen formlos. In dem thierischen Körper tritt sie dagegen minder häufig in ihrer natürlichen Form, sondern immer mehr oder weniger verändert, und durch den Verdauungsprocess gelöst, auf.

Wir besitzen in dem Jod ein sehr empfindliches Reagens für diese Verbindung, indem sie sich mit demselben zu Jodamylum vereinigt, welches durch seine intensiv blaue, leicht zu erkennende Färbung ausgezeichnet ist. Am geeignetsten fand ich für den Nachweis von Stärke unter allen Verhältnissen die wässerige Lösung von Jod-Jodkalium, da sie sich mit den Zusatzflüssigkeiten am leichtesten mischt, was bei der alkoholischen Lösung, welche manche Mikroskopiker vorziehen, nicht der Fall ist. Bei der Untersuchung des Inhaltes der thierischen Gewebe auf Stärke hat man sich zuvor zu überzeugen, ob die betreffende Materie nicht alkalisch ist. In diesem Falle nämlich würde die Stärkereaction ausbleiben, weil bei Anwesenheit freien Alkalis oder eines gelösten Alkalisalzes die Bildung von Jodstärke nicht vor sich gehen kann. Um das Gelingen der Reaction auf alle Fälle zu sichern, säuert man daher thierische Präparate durch irgend eine Säure, am besten verdünnte Essigsäure an, und gibt dann erst die Jodlösung zu.

Zucker. — Der Zucker kommt in zwei verschiedenen Modificationen, als Trauben- und Rohrzucker vor. Es hat daher ein Reagens nicht nur den Nachweis, sondern auch die Unterscheidung beider zu ermöglichen, wenn es für die mikrochemische Untersuchung von Bedeutung sein soll. Diesen Anforderungen genügt das Trommers'sche Reagens: schwefelsaures Kupferoxyd und Aetzkali nach den Untersuchungen von Dr. J. Sachs sowohl, als nach meinen eigenen Erfahrungen vollkommen. Behandelt man nämlich eine Lösung von Traubenzucker in der Kälte mit schwefelsaurem Kupferoxyd und setzt dann der Flüssigkeit Aetzkali im Ueberschuss

zu, so wird sie rein blau gefärbt. Dieselbe Reaction tritt bei der gleichen Behandlung einer Lösung von Rohrzucker ein. Soweit ist es also nicht möglich zwischen beiden Zuckerarten zu unterscheiden. Um sich zu überzeugen, ob man es mit der einen oder der anderen zu thun hat, muss man zum Kochen der Lösung schreiten. Erfolgt nach kurz andauerndem Kochen oder gar schon vor dem Kochen bei geringer Temperaturerhöhung ein Niederschlag von rothem Kupferoxydul in grösseren Körnern, welche sich wiederum zu umfänglichen Flocken vereinigen, so darf man mit Sicherheit auf das Vorhandensein von Traubenzucker schliessen. Stellt sich dieser charakteristische Niederschlag dagegen nicht sofort ein, so rührt die blaue Färbung von gelöstem Rohrzucker her. Dieser letztere gibt zwar nach länger fortgesetztem Kochen auch einen rothen Niederschlag, indem er zum Theil in Traubenzucker übergeführt wird; allein gerade die Länge der Zeit, während welcher die höhere Temperatur einzuwirken hat, gibt ein Unterscheidungsmerkmal an die Hand.

Gilt es den Nachweis des Zuckers innerhalb der Gewebe, so bringt man einen 2 bis 3 Zellenlagen dicken, dem schwefelsauren Kupferoxyd entnommenen, sorgfältig abgespülten Schnitt in ein Schälchen mit kochendem Aetzkali. Traubenzucker bewirkt dann eine prächtig rothe, Rohrzucker eine schön himmelblaue Färbung des Zellinhaltes, von denen die erstere durch den erwähnten Niederschlag veranlasst wird, während die letztere der Zellflüssigkeit angehört.

Eine zweite Reactionsmethode auf Zucker, bei der aber Trauben- und Rohrzucker nicht von einander unterschieden werden können, die in der Pflanzenhistiologie wegen der Anwesenheit von Stärke, Gummi u. s. w. gar nicht anwendbar ist und bei der nicht einmal immer sichere Resultate erreicht werden, wenn es sich um die Prüfung thierischer Substanzen handelt, ist die von Pettenkofer empfohlene. Das Reagens besteht hier aus einer Lösung von Ochsengalle in Schwefelsäure, die in der Art bereitet wird, dass man der ersteren solange concentrirte Schwefelsäure zusetzt, bis der anfänglich entstandene Niederschlag sich wieder gelöst hat. Bringt man diese Lösung zu einer zuckerhaltigen Flüssigkeit, so entsteht in derselben sofort eine violette Färbung. Ein gleiches Resultat wird erzielt, wenn die zuckerhaltige Flüssigkeit zuerst mit Ochsengalle gemischt und dann die Schwefelsäure tropfenweise zugegeben wird.

Auf ähnliche Weise würde sich der Zucker durch rosenrothe Färbung verrathen, wenn man zuerst Eiweiss und dann Schwefelsäure zusetzte.

Andere nur auf vereinzelte Fälle anwendbare Auffindungsweisen des Zuckers mögen, soweit es nöthig erscheint, in dem speciellen Theile ihre Erledigung finden.

Dextrin und Gummi. — Das Dextrin kann durch Behandlung mit schwefelsaurem Kupferoxyd und Aetzkali in ähnlicher Weise nachgewiesen werden, wie der Traubenzucker. Der entstandene Niederschlag zeichnet sich jedoch von dem durch Traubenzucker hervorgerufenen da-

durch aus, dass seine Körnchen viel kleiner sind und in Folge dessen lebhafte Molekularbewegung zeigen. Wo dieser Unterschied in der Form des Niederschlages nicht ausreicht, um die beiden genannten Stoffe zu unterscheiden, da führt die Anwendung von 90- bis 95procentigem Alkohol zum Ziele, welcher nach 10- bis 24stündiger Einwirkung den Traubenzucker, nicht aber das Dextrin auszieht. Werden Schnitte solcher Pflanzentheile, welche Kupferoxydulniederschläge ergaben, nach der Behandlung mit Alkohol wiederholt geprüft und es erfolgt rother Niederschlag, so ist man berechtigt, auf das Vorhandensein von Dextrin zu schliessen, während dessen Ausbleiben die Gegenwart von Traubenzucker anzeigt.

Eine Lösung von Gummi zuerst mit schwefelsaurem Kupferoxyd und dann mit einer hinreichenden Menge von Aetzkalilösung versetzt, gibt einen intensiv blauen, flockigen Niederschlag, der sich beim Kochen weder auflöst noch schwärzt, sondern in grössere Klumpen zusammenballt. Um denselben von dem gleichen, durch Stärke entstandenen Niederschlag zu unterscheiden, neutralisirt man das Kali mittelst Essigsäure und fügt Jodlösung hinzu. Rührt der Niederschlag von Stärke her, so quellen die zusammengeballten Klumpen auf und nehmen die tiefblaue Färbung der Jodstärke an.

Fette und fette Oele. — Fette, mögen dieselben nun im festen Zustande, amorph oder krystallisirt, oder flüssig in Tropfenform auftreten, ebenso die fetten Oele charakterisiren sich namentlich durch ihre Löslichkeit in Aether. Zweckmässig ist es, wenn man, da der Aether auf dem Objectträger auch unter dem Deckglase zu rasch verdunsten würde, um zu dem gewünschten Ziele zu führen, vor der Anwendung dieses Reagenses das Präparat erst trocknet und dann in einem bedeckten Uhrgläschen der Einwirkung desselben aussetzt.

Wo diese Substanzen an ein Alkali gebunden gleichsam verseift sind, da befreit man sie am besten durch Zusatz einer verdünnten Säure, welche das letztere bindet.

Ein vorzügliches Reagens auf Fette und fette Oele gewährt nach den Mittheilungen von M. Schultze und Rudneff die Ueberosmiumsäure, welche diesen Stoffen eine braune, schwarzbraune oder blauschwarze Färbung ertheilt, die mit grosser Entschiedenheit hervortritt.

Flüchtige Oele, Harze und Balsame. — Die flüchtigen Oele und Harze, sowie die Gemische aus flüchtigem Oel und Harz oder die sogenannten Balsame, welche nur für die Pflanzenhistiologie in Betracht kommen, zeichnen sich durch ihre Löslichkeit in Terpentinöl oder Alkohol aus, während die meisten derselben in Aether nicht gelöst werden.

Gerbstoffe. — Die Gerbstoffe gehören nach neueren Untersuchungen neben Stärkemehl und Eiweisskörpern zu den am weitesten

verbreiteten organischen Verbindungen des Pflanzenkörpers und es ist ihr Einfluss auf den ganzen Lebensprocess höchst wahrscheinlich von einer sehr erheblichen Bedeutung.

Eines der am frühesten angewendeten Erkennungsmittel dieser in verschiedenen Modificationen auftretenden Verbindungen bilden die Eisensalze und sind unter diesen namentlich das schwefelsaure Eisenoxydul, sowie das essigsaure Eisenoxyd als solches geeignet. Das hier und da empfohlene Eisenchlorid ist dagegen weniger brauchbar, da sich in einem Ueberschuss desselben der zuerst entstehende Niederschlag von gerbsaurem Eisenoxyd wieder auflöst.

Der mittelst Eisensalze hervorgerufene Niederschlag zeichnet sich durch seine schwarzblaue bis schwarzgrüne Färbung aus, welche namentlich bei auffallendem Lichte deutlich hervortritt, während er bei durchfallendem Lichte vermöge der Undurchsichtigkeit seiner Körner erkannt wird. Für die letztere Beleuchtungsweise bilden daher die Eisensalze dann keine gute Reagentien, wenn die Menge des Gerbstoffes eine nur geringe ist.

Besser eignet sich in diesem Falle das Aetzkali in Lösung. Die durch dasselbe unter Luftzutritt hervorgerufenen Oxydationsproducte bilden nämlich gelbroth bis braunroth gefärbte Verbindungen, welche eine so intensive Farbe besitzen, dass sie, selbst in sehr dünnen Schichten und auch dann, wenn die zu prüfende Lösung nur wenig Gerbstoff enthält, noch bei stärkeren Vergrösserungen deutlich hervortritt.

Neuerlich wurde von Dr. Sanio darauf aufmerksam gemacht, dass Chlorzinkjod in gerbstoffhaltigen Lösungen eine ziegelrothe, rosenrothe bis violettrothe Färbung hervorrufe, dass sich somit das schon für den Zellstoff wichtige Reagens auch für das Studium dieser Stoffe und ihrer Verbreitung um so mehr eignen dürfte, als es noch sehr geringe Mengen davon anzeige und die Reaction damit nie ausbleibe.

Ueberosmiumsäure wird von den Gerbstoffen äusserst schnell reducirt, so dass damit angefüllte Gewebe schon nach kurzem Verweilen in einer starken Lösung dieses Mittels eine tief schwarze Färbung annehmen.

Die zuletzt genannten Reagentien haben indessen auch ihre Nachtheile, die einer allgemeinen Verwendung im Wege stehen und das Urtheil unsicher machen. Die mittelst derselben im gerbstoffhaltigen Zellinhalte hervorgerufenen Verbindungen, beziehungsweise Niederschläge sind nämlich derart beschaffen, dass sie aus den durch den Schnitt geöffneten Zellen ausfliessen und sich in Folge dessen über benachbarte, gerbstofffreie Gewebe verbreiten. Hierdurch wird es völlig unmöglich, einen genauen Nachweis über die Verbreitung der betreffenden Verbindungen in den verschiedenen Zellenarten zu führen, selbst dann, wenn man die Reagentien nicht auf schon fertige Schnitte wirken lässt, sondern zuerst die betreffenden Pflanzentheile damit imprägnirt und erst später zur Anfertigung der Präparate schreitet.

In der allerneuesten Zeit ist aber von dem eben genannten Forscher

ein weiteres Reagens auf die Gerbstoffe empfohlen worden, welches allen Anforderungen entsprechen soll, indem die mittelst desselben hervorgerufenen Verbindungen neben einer intensiven Färbung auch eine solche Consistenz besitzen, dass eine Verunreinigung der benachbarten Gewebe nicht zu fürchten ist. Es ist dies das doppelt-chromsaure Kali, mit welchem die Gerbstoffe eine compacte, im durchfallenden Lichte intensiv rothbraune Verbindung bilden. Dieses Salz darf jedoch ebenso wenig wie die anderen Reagentien auf fertige Schnitte angewendet werden, weil sich die in dem Wasser des Objectträgers löslichen Gerbstoffe über davon freie Zellenpartieen verbreiten und vermöge der Endosmose selbst in die Membranen eindringen und Täuschungen veranlassen könnten. Pflanzentheile, welche man auf Gerbstoffe und deren Verbreitung untersuchen will, bringt man daher am zweckmässigsten in nicht zu grossen, vorher etwas trocken gewordenen Stückchen in eine mässig concentrirte Lösung des Reagenses und lässt sie darin etwa 7 bis 8 Tage liegen. Im Verlaufe dieser Zeit wurde der ganze Pflanzentheil hinreichend von der Lösung durchdrungen und es hat sich die vorerwähnte Verbindung in allen gerbstoffhaltigen Zellen gebildet. Nun erst fertigt man zarte Quer- und Längsschnitte an, welche den gewünschten Aufschluss gewähren. Es ist indessen hierbei die Vorsichtsmaassregel anzuwenden, dass man vor Anfertigung der zur Untersuchung bestimmten Schnitte die freien End- und Schnittflächen des durchtränkten Pflanzentheiles durch einen tiefen Schnitt wegnimmt, weil auf denselben der beim früheren Durchschneiden ausgetretene Gerbstoff sich ausgebreitet haben könnte und die Resultate der Untersuchung trüben würde.

Intercellularstoff. — Der vegetabilische Intercellularstoff ist ein Derivat der Kohlehydrate, wahrscheinlich einer Gummiart. Er nimmt nach der Behandlung mit concentrirter Salpetersäure eine tiefgelbe Farbe an und wird in ähnlicher Weise, doch mehr gelbbraun gefärbt durch die Behandlung mit Jod und Schwefelsäure oder mit Chlorzinkjod. Von dem Zellstoff unterscheidet er sich namentlich durch sein Verhalten gegen Aetzkali und Schwefelsäure. In dem ersteren wird er nach und nach und namentlich unter Anwendung von Wärme aufgelöst, während die letztere ihn ungelöst inmitten des gelösten Zellstoffes zurücklässt.

Die thierischen Kittsubstanzen stammen höchst wahrscheinlich von verschiedenen aus dem Protoplasma erzeugten Verbindungen ab und bewahren in Folge dessen Unterschiede, die ihr vielfach wechselndes Verhalten gegen jene chemischen Mittel bedingen, welche verändernd oder lösend auf sie wirken. Ein näheres Eingehen auf dieselben würde deshalb hier nicht am Platze sein.

ACHTER ABSCHNITT.

DIE MIKROSKOPISCHE MESSUNG.

Schon in dem vorhergehenden Abschnitte ist kurz darauf hingewiesen worden, dass die Grössenbestimmung der mikroskopischen Objecte ein höchst wichtiges Hilfsmittel der Beobachtung bildet. Auch hatte man dies bereits in den ersten Zeiten erkannt, als man das Mikroskop für wissenschaftliche Untersuchungen zu gebrauchen begann, und mancherlei, wenn auch unzureichende Mittel in Anwendung gebracht, um die wahre Grösse der durch das Mikroskop beobachteten Gegenstände zu ermitteln. Von Robert Hooke ist bekannt, dass er das Doppeltsehen zu diesem Zwecke anwendete, indem er das durch das eine Auge in dem Gesichtsfelde des Mikroskopes beobachtete Object auf einen mittelst des zweiten Auges gesehenen Maassstab projicirte. Wenn die von diesem Forscher mittelst einer noch heut zu Tage gebräuchlichen Messungsmethode erzielten Resultate auch höchst ungenaue waren, so hatte dies seinen Grund nicht in der letzteren, sondern in dem Umstande, dass ihm die geeigneten Mittel fehlten, um die Vergrösserung seiner Mikroskope mit der erforderlichen Genauigkeit zu bestimmen. Die später von Leeuvenhoek angewendete Methode war schon an und für sich eine unvollkommene. Derselbe nahm nämlich möglichst rein geschlemmte Sandkörnchen oder kleine Samen, von denen er vorher bestimmt hatte, wie viele auf eine Linie gehen, streute dieselben unter die mikroskopischen Objecte und verglich nun direct die Grösse der letzteren mit der bekannten Grösse der ersteren. War schon der Vergleich der neben einander im Gesichtsfelde befindlichen Gegenstände keineswegs geeignet, ein befriedigendes Resultat zu liefern, so wurde dieses auch noch dadurch beeinträchtigt, dass die als Maasseinheit benutzten Objecte

in ihren relativen Grössenverhältnissen immer mehr oder minder von einander abwichen. In letzterer Beziehung war das von Jurin etwa um dieselbe Zeit ersonnene Verfahren weit zweckmässiger, indem es die Möglichkeit gewährte, den Durchmesser eines Objectes mit einem Maassstabe zu vergleichen, dessen Grösse in Theilen des gebräuchlichen Längenmaasses mit grosser Genauigkeit bestimmt werden konnte. Jurin benutzte nämlich als Maasseinheit für seine mikroskopischen Messungen kleine Stückchen gleichmässig gezogenen feinen Silberdrahtes, welche er mit dem zu messenden Objecte zugleich in das Gesichtsfeld brachte. Den Durchmesser dieser Drahtstückchen hatte er vorher genau auf folgende Weise bestimmt. Ein längeres Stück des feinen Drahtes wurde auf einen dickeren Draht oder anderen Metallcylinder so dicht aufgewunden, dass zwischen den einzelnen Windungen auch nicht der geringste Zwischenraum blieb, dann eine bestimmte Anzahl der Windungen mittelst des Zirkels gemessen und das gefundene Maass durch die Anzahl der Windungen dividirt. Der so erhaltene Quotient gab den Durchmesser des feinen Drahtes an. Gingen z. B. 500 Windungen auf die Länge eines Zolles, so betrug der Durchmesser des Drahtes $^1/_{500}$ Zoll oder $^1/_{50}$ Linie.

Doch auch dieses Verfahren war keineswegs geeignet, das gewünschte Ziel zu erreichen, und man bestrebte sich bald, eigene Instrumente für die mikroskopische Messung, d. h. Mikrometer im wahren Sinne des Wortes zu verfertigen und bessere Messungsmethoden an die Stelle dieser älteren Verfahrungsweisen zu setzen. Die verschiedenen Versuche anzuführen, welche während der letzten zwei Jahrhunderte unternommen worden sind und welche sich bald dem Schraubenmikrometer, bald dem Glasmikrometer zuwendeten, würde uns hier zu weit führen. Gegenwärtig sind die in dem sechsten Abschnitte beschriebenen Mikrometer in Gebrauch, und wenn auch die Schraubenmikrometer in hinreichender Vollkommenheit nur von einzelnen Werkstätten geliefert werden, so kann man doch von den meisten Optikern Glasmikrometer erhalten, welche bei Anwendung der im Folgenden zu besprechenden Vorsichtsmaassregeln vollkommen brauchbare Resultate liefern.

Man wird sich allerdings auch mit diesen besseren Hilfsmitteln ausgerüstet in den meisten Fällen der organischen Entwickelungsgeschichte sowohl, als der Beobachtung des Fertigen, ohne eine absolute Genauigkeit der Grössenangabe fordern zu können, auf Mittel- und Grenzwerthe gewisser gleichartiger Gewebetheile und Elementarorgane beschränken müssen, welche unter einander immer mehr oder weniger an Grösse abweichen. Gerade diese aber gewinnen dadurch einen hohen Werth für die Charakterisirung eines bestimmten ausgebildeten, oder in einem gewissen Entwickelungsstadium sich befindenden Objectes, dass sie bei umsichtiger Ausführung der einzelnen mikrometrischen Beobachtungen dessen Grösse in bestimmte Grenzen einschliessen, welche bei normalem Entwickelungsgange nicht überschritten werden. Aus diesem Grunde ist es denn auch überall da, wo die Grössenbestimmung dieser Grenz- resp. Mittelwerthe

unter die charakteristischen Kennzeichen eines Objectes aufzunehmen für nothwendig befunden wird, durchaus erforderlich, dass die Messung mit der grössten Vorsicht vorgenommen und für die höchst mögliche relative und absolute Genauigkeit ihrer Resultate Sorge getragen wird.

Diese Genauigkeit hängt aber von Zweierlei ab, erstlich von der Güte des gebrauchten Mikrometers, dessen Theilung nicht nur möglichst gleichmässig ausgeführt, sondern auch so beschaffen sein muss, dass die einzelnen Intervalle wirklichen Unterabtheilungen irgend eines Normalmaasses entsprechen, und dann von der in Anwendung gebrachten Messungsmethode.

In ersterer Beziehung ist zu beklagen, dass die in Gebrauch befindlichen Mikrometer sowohl mit Fehlern in Bezug auf die absolute Grösse jener Unterabtheilungen des angenommenen Normalmaasses, welche angeblich auf denselben getheilt sind, als auch mit mehr oder minder bedeutenden relativen Theilungsfehlern behaftet sind, die zum Theil auf der Unvollkommenheit der zu ihrer Herstellung verwendeten mechanischen Vorrichtungen beruhen. Hier müssten es sich zunächst die Mechaniker zur Aufgabe machen, solche Vorkehrungen zu treffen, dass die bisher einwirkenden Fehlerquellen möglichst beseitigt werden. Dann aber sollten es dieselben als ihre Pflicht ansehen, die Abweichung der von ihnen getheilten Unterabtheilung des Normalmaasses von ihrer wahren Grösse, sowie die Ungleichheiten zwischen den einzelnen Abtheilungen ihrer Mikrometer, soweit dieselben eben nicht zu beseitigen sind, offen darzulegen und deren Grösse genau zu bestimmen, um dem Mikroskopiker die Möglichkeit zu gewähren, durch hierauf sich stützende, entsprechende Correctionen ihre, mittelst directer Messung erhaltenen fehlerhaften Resultate in richtige und vergleichbare umzuwandeln.

So lange es indessen von den Mechanikern und Optikern nicht als eine Verpflichtung erkannt wird, diese Bestimmungen vorzunehmen, bleibt es Aufgabe des Mikroskopikers, dieselben eigenhändig zu erledigen, weshalb wir uns etwas eingehender mit diesen Arbeiten beschäftigen müssen.

1. Prüfung der Mikrometer.

Zur Bestimmung der wahren Grösse der ganzen getheilten Unterabtheilung des Normalmaasses sowohl als der einzelnen Unterabtheilungen eines Mikrometers — abgesehen von den Theilungsfehlern — sind mehrere Methoden vorgeschlagen worden, von denen wir uns auf die beiden folgenden beschränken wollen, welche in gewissem Grade ihrem Zwecke entsprechen. Harting (Das Mikroskop etc. Seite 503 u. folg.) empfiehlt als für die Lösung dieser Aufgabe sehr geeignet das schon von Jurin angewendete, weiter oben erwähnte Mittel, die Dicke eines feinen Drahtes in Maasstheilen eines entsprechenden Mustermaasses zu bestim-

men und hiermit das betreffende Mikrometer oder dessen Unterabtheilungen zu vergleichen.

Um auf diese Weise einen möglichst genauen Mustermaassstab zu erhalten, sind nach genanntem Mikrographen folgende Umstände auf das Sorgfältigste zu beachten.

1. Der zum Umwinden genommene Draht muss überall gleiche Dicke haben, wovon man sich durch vorherige Untersuchung zu überzeugen hat.

2. Da der Draht (Claviersaite) nach dem einen Durchmesser immer dicker ist als nach dem rechtwinklig auf ihm stehenden, so müssen alle späteren Messungen auf der bei dem Aufwinden dem Auge zugekehrten, breiteren Seite vorgenommen werden.

3. Der feine Draht muss um einen ziemlich dicken, 8 bis 9^{mm} messenden Eisendraht gewunden werden. Dann hat man nöthigenfalls sich unter dem Mikroskope zu überzeugen, dass die Windungen gehörig aneinanderschliessen, weil davon zum grössten Theile die Genauigkeit des Resultates abhängt.

4. Die Umwindung wird am besten auf der Drehbank vorgenommen, weil man dann eher im Stande ist, die Anzahl der Windungen zu bestimmen, indem man die Umdrehungen der obersten Scheibe zählt.

5. Die Länge sämmtlicher Windungen muss mit der grössten Genauigkeit und mittelst eines als vollkommen genau bekannten Maassstabes gemessen werden.

Bei der Prüfung der Schraubenmikrometer mittelst dieser Methode verfährt man in derselben Weise, wie dies später auseinandergesetzt werden wird, und sieht zu, inwieweit die an Scala und Trommel abgelesene Grösse mit dem Maassstabe übereinstimmt oder nicht. Ist dagegen ein Glasmikrometer zu prüfen, so legt man entweder den Draht unmittelbar auf die zu prüfende Theilung und vergleicht beide direct mit einander, oder, was ich für weit genauer halte, man fasst mittelst der Camera lucida die Grenzen des Drahtes zwischen zwei feine Bleistiftlinien ein und vergleicht dieses Maass mit der auf gleiche Weise gezeichneten Theilung.

Diese Methode ist allerdings für Jedermann zugänglich, leicht ausführbar und liefert auch bei der ausserordentlichen Genauigkeit, mit der die Dicke des Maassdrahtes sich bestimmen lässt, annähernd richtige Resultate, mit denen man für manche Fälle recht gut ausreichen kann. Sie steht indessen in Bezug auf die grösste Genauigkeit noch ziemlich weit hinter den besseren Messungsmethoden, deren wir uns sonst bedienen, zurück, und möchte daher für die feinsten Bestimmungen kaum zu empfehlen sein. Die auf die Genauigkeit des Resultates fehlerhaft einwirkenden Verhältnisse sind namentlich folgende.

Erstlich gibt es keinen Draht, der auf eine so grosse Länge einen völlig gleichen Querschnitt, also gleiche Dicke hat. Selbst der von Harting verwendete Musterdraht, dessen Dicke von ihm auf $0{,}13359^{mm}$ be-

stimmt wurde, zeigt nach den von Dr. Place vorgenommenen Messungen auf eine Länge von 40mm Differenzen im Verhältnisse von etwa 100 : 102.

Zweitens erhält man durch die vorgenommene Messung niemals den wirklichen Durchmesser, sondern einen etwas höheren Werth, der um so mehr von dem ersteren abweicht, je dünner der Cylinder ist, um welchen der Draht gewunden wurde.

Drittens ändert sich der Querschnitt des Drahtes sowohl beim Aufwinden desselben als beim Abwickeln in bestimmbarer Grösse, was auf das Resultat der Messung nicht ohne Einfluss bleibt.

Endlich ist es bei dem späteren Vergleichen des Drahtes mit irgend einem Glasmikrometer nicht möglich, den ersteren so scharf einzustellen, wie dies zu einer genauen Messung nothwendig erscheint. Man erhält nämlich nie ein scharfes Bild des Drahtes, sondern es erscheint dasselbe in Folge der Interferenzen des Lichtes am Rande immer mehr oder minder verwischt. Aus diesem Grunde ist man denn auch niemals sicher, ob man den wahren Durchmesser in Vergleich gezogen habe oder nicht.

Zu weit genauerem und zuverlässigerem Resultate führt die von Dr. Fr. Place erdachte, unmittelbar zwar nur auf Glasmikrometer, indirekt aber auch auf alle übrigen Mikrometer anwendbare Methode, das Mikrometer mit Verschiebungen von genau bekannter Grösse zu vergleichen. Die Ausführung lässt mancherlei Modificationen zu, die auch von dem Verfasser der genannten Schrift versucht worden sind. Als die geeignetste hat er die folgende erkannt, auf die wir indessen auch nur andeutungsweise eingehen können, indem für das Ausführlichere auf das citirte Schriftchen verwiesen werden muss.

Der von Place benutzte Apparat (Fig. 234, a. f. S.) besteht:

1. Aus einem Rahmen *R*, der mittelst zweier Schrauben an dem Stative, von dem der Tisch entfernt ist, angeschraubt wird;

2. aus einer von dem Rahmen ausgehenden Latte *L* von 500mm Länge, welche sich in der Mitte in ein Kreuz verbreitert, um die weiter unten beschriebenen beweglichen Stücke zu unterstützen. Etwa 400mm vom Rahmen entfernt trägt diese Latte eine Erhöhung, gleich der Dicke eines der beweglichen Arme, deren Zweck sich aus der Figur ersehen lässt;

3. aus einem von der Latte abgeschnittenen Klötzchen, welches sich in dem Rahmen leicht und ohne Spielraum bewegt. Auf dasselbe ist eine dicke, klare Spiegelglasplatte aufgekittet, welche das zu untersuchende Mikrometer aufnimmt. Das Ganze bildet somit einen Schlitten, mittelst dessen die Verschiebungen ausgeführt werden;

4. aus zwei kürzeren, gleich grossen, etwa 220mm langen Lättchen *A*, *A*, von denen das eine von dem Schlitten aus nach dem Kreuze führt, während das zweite auf dieser und der oben erwähnten Erhöhung der grösseren Latte aufliegt. Beide Lättchen haben in *a*, *b* und *c* Drehpunkte.

Am hinteren, dem Stative abgewendeten Ende wird der Apparat mittelst eines passenden, den in den chemischen Laboratorien gebrauchten

Retortenhaltern ähnlichen Halters getragen. Das Ocular, welches man zu diesen Untersuchungen benutzt, hat am besten ein Fadenkreuz, um recht genau einstellen zu können.

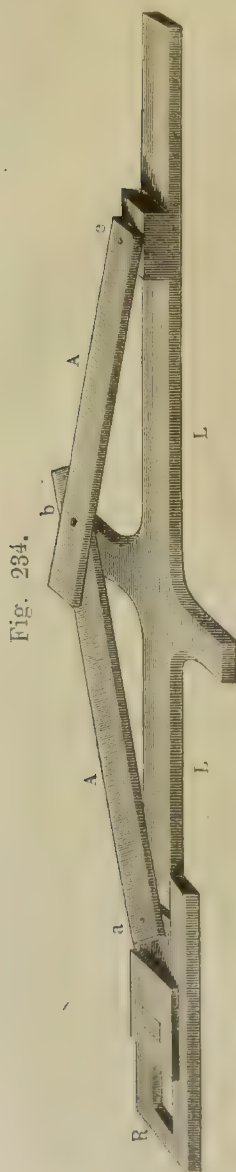


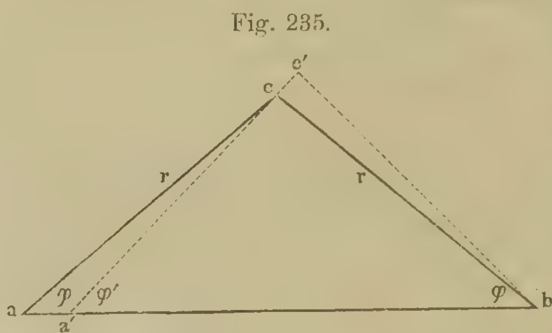
Fig. 234.

Vorrichtung zur Prüfung der Glasmikrometer.

Für meinen Gebrauch habe ich die Vorrichtung etwas abgeändert, indem ich erstlich dem Rahmen eine solche Einrichtung gab, dass er mittelst zweier Stifte in den für die Federklammern bestimmten Vertiefungen des Objecttisches eingesteckt werden konnte, und dann die Dimensionen der Compendiosität halber etwa auf die Hälfte verringerte, so dass die Hauptlatte eine Länge von 250mm, die kleinen Lättchen eine solche von 110mm erhielten.

Es ist nun aus Fig. 235 leicht zu ersehen, wie

Fig. 235.



eine gewisse Verschiebung $V = aa'$ des Schlittens eine entsprechende Aenderung der Grösse beider Winkel φ und φ an der Grundlinie des gleichschenkligen Dreiecks abc hervorbringen muss und wie umgekehrt aus der Grösse der Drehung der Schenkel, welche auf einfache Weise an einem in dem Drehpunkte c des Apparates aufgelegten, genau centrirten Transporteur oder auch mittelst Spiegel und Scala abgelesen wird, die entsprechende Länge eines mittelst des Schlittens durch das Gesichtsfeld des Mikroskopes geführten Mikrometers gefunden werden kann.

Bezeichnet man nämlich die bei der Verschiebung durchlaufene Strecke mit v, die beiden beweglichen Latten mit r, so ist aus trigonometrischen Gründen:

$$v = 4r.\ sin^2 \frac{1}{2}\varphi \ ^*).$$

Ein Beispiel wird das ganze Verfahren vollkommen deutlich machen.

*) Ueber die Ableitung dieser Formel s. Place a. a. O. S. 49 u. f.

Die Untersuchung bezieht sich auf ein von L. Bénèche im Jahre 1854 bezogenes Ocularglasmikrometer, worauf 5^{mm} in 50 Theile getheilt sind und bei dem jedesmal auf die langen, vollen Millimetern entsprechenden Theilstriche der Scala eingestellt wurde. Die Länge der beiden Schenkel hatte ich mittelst eines aus Paris bezogenen Etalons zu $102{,}4^{mm}$ gefunden. Die mittelst eines sehr genau getheilten Transporteures, der Minuten schätzen liess, vorgenommenen Ablesungen ergaben:

für eine Verschiebung

von 1^{mm} des Mikrometers	$\varphi = 5^0\ 41'$;	$\frac{1}{2}\varphi = 2^0\ 50'\ 30''$
„ 2^{mm} „ „	$\varphi = 8^0\ 7'$;	$\frac{1}{2}\varphi = 4^0\ 3'\ 30''$
„ 3^{mm} „ „	$\varphi = 9^0\ 52'$;	$\frac{1}{2}\varphi = 4^0\ 56'$
„ 4^{mm} „ „	$\varphi = 11^0\ 22'$;	$\frac{1}{2}\varphi = 5^0\ 41'\ 30''$
„ 5^{mm} „ „	$\varphi = 12^0\ 42'$;	$\frac{1}{2}\varphi = 6^0\ 21'$

Daraus ergibt sich:

für eine Verschiebung

von 1^{mm} des Mikrometers	$log\ 4\,r\ .\ sin^2\frac{1}{2}\varphi = 0{,}0029047$;	$v = 1{,}006^{mm}$
„ 2^{mm} „ „	$log\ 4\,r\ .\ sin^2\frac{1}{2}\varphi = 0{,}3132699$;	$v = 2{,}056$
„ 3^{mm} „ „	$log\ 4\,r\ .\ sin^2\frac{1}{2}\varphi = 0{,}4813221$;	$v = 3{,}029$
„ 4^{mm} „ „	$log\ 4\,r\ .\ sin^2\frac{1}{2}\varphi = 0{,}6051605$;	$v = 4{,}028$
„ 5^{mm} „ „	$log\ 4\,r\ .\ sin^2\frac{1}{2}\varphi = 0{,}6998833$;	$v = 5{,}010$

15^{mm} des Mikrometers sind also $= 15{,}129^{mm}$

und es hat somit jedes Millimeter des Mikrometers eine Länge von $1{,}0086^{mm}$.

So genau die Resultate dieser Methode sind, und so sehr sich dieselbe den Optikern für die Prüfung der aus ihren Werkstätten hervorgehenden Mikrometer empfehlen lässt, so dürfte sie doch für den praktischen Mikroskopiker, der es sich nicht speciell zur Aufgabe gesetzt hat, mikrometrische Untersuchungen vorzunehmen, etwas umständlich und nicht immer mit der nöthigen Verlässlichkeit ausführbar sein. Denn zunächst wird man sich eben nicht aller Orten in den Besitz eines vollkommen schön gearbeiteten Apparates setzen können, und dann gelingt es auch nicht leicht, sich einen vollständig genauen Etalon zu verschaffen, mittelst dessen die Längen der beiden beweglichen Latten auf das Sorgfältigste gemessen werden müssen, wenn man hinreichend genaue Resultate erlangen will. Zur Erzielung der höchsten Genauigkeit dürfte es sich namentlich empfehlen, den ganzen Apparat aus Metall fertigen zu lassen, so dass gut abgeschliffene und geölte Metallbahnen aufeinander gleiten. Ferner müsste die Verschiebung des Schlittens nicht mit der freien Hand, sondern mittelst einer Schraube ausgeführt und die Grösse der Drehung durch Spiegel und Scala gemessen werden.

2. Messungsmethoden.

Der Messungsmethoden wurden im Laufe der Zeit mancherlei ersonnen und ausgeführt, deren gegenwärtig noch mehre im Gebrauche sind und von denen dem Ziele einer möglichst hohen Genauigkeit und Verlässlichkeit die eine mehr, die andere minder nahe kommt. Absolut genaue Resultate können auch unter den gegenwärtigen Verhältnissen, wo doch die optische Vollkommenheit der Mikroskope einen sehr hohen Grad erreicht hat, bei keiner einzigen erzielt werden. Selbst die Annäherung an eine solche bleibt eine mehr oder weniger bedeutende, je nach der wirklichen Grösse der zu messenden Objecte. Eine maassgebende Regel über die Grenze, bis zu welcher die Genauigkeit zu gehen habe, lässt sich nicht aufstellen. Im Allgemeinen dürfte aber für die allerfeinsten Messungen eine Fehlergrenze von $^1/_4$ bis $^1/_{10}$ Proc. diejenige sein, mit der man sich zufrieden geben kann und über die hinauszukommen vorläufig wohl kaum möglich sein dürfte. Ja in den meisten Fällen und namentlich bei sehr kleinen Objecten werden die mikroskopischen Messungen noch weit hinter dieser Grenze zurückbleiben, indem die begangenen Fehler nicht selten bis zu $^1/_2$ und 1 Proc. ja darüber hinaus ansteigen.

Inwieweit die einzelnen mehr oder weniger allgemein angewendeten Messungsmethoden im Stande sind, dieses Ziel der Genauigkeit zu erreichen, haben wir im Verlaufe unserer Darstellung zu untersuchen und darzulegen, wobei es sich zeigen wird, dass ein und die andere wirklich im Stande ist, alles zu leisten, was man verlangen kann.

Messung mittelst Glasmikrometern. — Am einfachsten zu gebrauchen sind unter allen Messungsvorrichtungen die Glasmikrometer. Dieselben haben auch die weiteste Verbreitung und befinden sich wohl in den Händen der meisten Mikroskopiker, da sie ihres verhältnissmässig geringen Preises halber Jedem leicht zugänglich sind, was von den Schraubenmikrometern, mit deren Anfertigung sich ausserdem nur wenige Mechaniker befassen, nicht gesagt werden kann. Ausserdem werden Glasmikrometer in der neueren Zeit von den meisten der bekannten optischen Werkstätten von solcher Schönheit der Ausführung, verbunden mit möglichster Genauigkeit der Theilung geliefert, dass sie in mechanischer Beziehung fast allen Anforderungen entsprechen und die ihnen früher von manchen Seiten gemachten Vorwürfe zum grossen Theil als beseitigt betrachtet werden können. Hat man sich zudem einmal über die etwaigen Fehler in Bezug auf die wirkliche Grösse der getheilten Unterabtheilung des gewählten Normalmaasses, sowie auf die relative Grösse der einzelnen Abtheilungen unterrichtet, so gewähren die damit ausgeführten Messungen eine solche Genauigkeit, dass man sich je nach der angewendeten Methode für eine grosse Anzahl oder alle Fälle auf die erhal-

tenen Resultate verlassen kann, ohne zu anderen Messapparaten greifen zu müssen.

Um die relative Grösse der einzelnen Intervalle verschiedener Mikrometerscalen zu ermitteln und die für mit einer der beiden Arten von Glasmikrometern ausgeführten Messungen nothwendigen Correctionstafeln anzufertigen, wähle man irgend eine der genauesten Messungsmethoden. Am sichersten führen für denjenigen, dem ein Schraubenmikrometer nicht zur Verfügung steht, die auf Seite 388 und 394 beschriebenen Methoden mittelst der Camera lucida zum Ziele. Man muss dabei jedoch streng darauf achten, dass man immer nur die Mitte des Gesichtsfeldes zur Messung benutzt, und die beiden, je ein Intervall begrenzenden Mikrometerstriche zwischen zwei ganz zarte Bleistiftlinien einfasst, indem von den nach derselben Seite gewendeten Rändern ausgegangen wird.

Um ein Beispiel zu geben, wie diese Arbeit vorzunehmen ist, will ich das Messungsresultat der fünf ersten Intervalle eines Ocular-Glasmikrometers von Zeiss folgen lassen, auf dem 5^{mm} in 50 Theile getheilt sind. Die dabei zu Grunde liegende Scale enthält 16163 Einheiten auf 1^{mm}.

a.	b.	c.	d.	e.	f.
I.	1610	1610	1616	— 6	— 0,00037
II.	1622	3232	3232	0	0,00000
III.	1620	4852	4848	+ 4	+ 0,00025
IV.	1616	6468	6464	+ 4	+ 0,00025
V.	1608	8076	8080	— 4	— 0,00025

a. enthält die Nummern der Intervalle;

b. gibt die gemessene Grösse der einzelnen Intervalle an;

c. enthält die Summe der aufeinanderfolgenden Werthe von *b*, d. h. die Entfernungen der betreffenden Theilstriche vom 0-Punkt der Scala an;

d. gibt die Grösse, welche die Werthe unter *c* haben sollten, wenn die Theilung vollständig regelmässig wäre;

e. enthält die Differenzen der Grössen unter *c* und *d* in Scalentheilen,

f. diese Differenzen in $^1/_{100000}$ des Millimeters, die man dem Nennwerthe der Entfernung der Striche vom 0-Punkte der Scala an hinzuzuzählen hat, um den wahren Werth derselben zu erhalten. Man berechnet dieselben durch Division von *e* durch 1616.

Die Summe der ersten fünf Intervalle beträgt demnach $0{,}4^{mm}$ weniger $0{,}00025^{mm}$, d. h. $0{,}39975^{mm}$ *), mit anderen Worten: Ein Object,

*) Die Differenzen sind bei diesem Mikrometer so unbedeutend, dass sie, ohne das Resultat der Messung wesentlich zu beeinflussen, vernachlässigt werden können.

das gerade von den fünf ersten Intervallen gedeckt wird, entspricht eigentlich statt $0{,}4^{mm}$ nur dem Werthe von $0{,}39975^{mm}$.

Wenden wir uns jetzt zum Gebrauche der Glasmikrometer, so ist zunächst zu berücksichtigen, dass es deren zwei Arten gibt, von denen man die eine als Object gebraucht, während die andere ins Ocular eingelegt wird.

Objectmikrometer. — Die Object-Glasmikrometer gewähren den Vortheil, dass man für alle Combinationen von Objectivsystemen und Ocularen in deren Unterabtheilungen einen ein- für allemal bestimmten Werth besitzt, der keine weitere Umrechnung erforderlich macht.

Die einfachste Art und Weise der Messung mittelst dieses Mikrometers besteht darin, dass man ihn zum Träger für diejenigen Objecte benutzt, deren Grösse ermittelt werden soll. Da man hierbei die Objecte sowohl als die Theilstriche des Mikrometers zugleich übersieht, so lässt sich leicht abzählen, wie viele ganze Intervalle des letztern dem zu messenden Gegenstande entsprechen, während etwaige Bruchtheile einer Abtheilung noch ziemlich sicher bis auf $^1/_{10}$ geschätzt werden können.

Reicht diese Messungsmethode auch für manche mikroskopische Objecte von zarter Beschaffenheit recht gut aus und gewährt für diese ziemlich genaue Resultate, indem man je nach Umständen bis auf $^1/_{1000}{}^{mm}$ genau messen kann, so lässt sie sich doch im Allgemeinen nicht empfehlen. Was ihr entgegensteht, ist zunächst die Rücksicht, die man auf das Mikrometer selbst zu nehmen hat. Wie vorsichtig man auch bei der jedesmaligen Reinigung desselben zu Werke gehen mag, so wird es doch immer mehr oder weniger leiden und nach und nach unbrauchbar werden. Dann ist man in Bezug auf die Beschaffenheit der zu messenden Objecte ziemlich beschränkt, da es, um genaue Resultate zu erhalten, durchaus nothwendig ist, den Rand der ersteren und die Theilstriche des Mikrometers mit gleicher Schärfe zu sehen. Dies hört aber auf, sobald der Gegenstand eine einigermaassen beträchtliche Dicke erreicht, und je stärker die Vergrösserung ist, desto eher tritt dieser Umstand ein. Die Verwendung minder starker Vergrösserungen würde zwar diesen Uebelstand etwas zu mässigen oder auch ganz zu beseitigen im Stande sein, aber damit hätte man wieder nur wenig erreicht, weil dieselben weniger fein getheilte Mikrometer bedingten, wodurch die Grenze der Genauigkeit herabgedrückt würde.

Empfehlenswerther ist der Gebrauch des Object-Glasmikrometers in Verbindung mit dem S. 244 beschriebenen Spitzen-Ocular. Mittelst dieser Messungsmethode, bei der das Bild des Objectes sowohl, als die Theilstriche des Mikrometers in voller Schärfe zwischen den feinen Spitzen der Nadeln erblickt werden, erreicht man für manche Zwecke und für nicht zu kleine Objecte eine genügende Genauigkeit. Ausserdem ist dieselbe wenig umständlich und bequem anzuwenden und der Messungsapparat verursacht wenig Kosten. Zur Ausführung der Messung bringt

man den Gegenstand möglichst genau in die Mitte des Gesichtsfeldes und stellt bei haarscharfer Einstellung desselben die feinen Nadelspitzen des Oculares so ein, dass sie die gegenüberstehenden Ränder des Bildes gerade berühren. Hierauf nimmt man das Object hinweg und bringt an dessen Stelle einen Glasmikrometer, dessen zwischen den beiden Spitzen befindliche Abtheilungen sich leicht zählen lassen. Etwaige Bruchtheile einer Abtheilung kann man bis auf $^1/_{10}$, ja bei einiger Uebung sogar bis auf $^1/_{20}$ schätzen. In Bezug auf die Grösse der Intervalle des Mikrometers ist man nicht an enge Grenzen gebunden, indem sowohl gröbere, als feinere, bis zu $^1/_{500}{}^{mm}$ gehende Theilungen benutzt werden können. Nach meinen Erfahrungen reicht jedoch ein Mikrometer vollkommen aus, bei dem der Millimeter in 100 Theile getheilt ist, da man sich für die feineren Messungen doch nicht mit dieser Methode wird begnügen können.

Was die Fehlerquelle betrifft, welche daraus erwachsen soll, dass die Lichtstrahlen an den Nadelspitzen eine Beugung erleiden, wodurch man verhindert wird, die letzteren genau auf die Ränder des Objectes und die Theilstriche des Mikrometers einzustellen, so ist dieselbe lange nicht so erheblich, als man anzunehmen pflegt. Auch die Fehler in der Theilung des Mikrometers können dabei ebenso leicht unschädlich gemacht werden wie bei jeder anderen Messungsmethode. Will man sich der möglichst hohen Genauigkeit versichern, so kann man bei Wiederholung der Messungen mit den Objectivsystemen wechseln.

Wieweit man sich auf die nach dieser Methode erhaltenen Resultate verlassen könne, mögen die Probemessungen der Breite einer genau bestimmten Stelle des Spiralbandes einer Lebermoosschleuder darthun.

Es betrug bei einer 570fachen Vergrösserung das Mittel aus 10 Messungen $0{,}0030^{mm}$, während dasselbe bei einer 950fachen Vergrösserung $0{,}0028^{mm}$ ausmachte. Es stellte sich somit die Differenz zwischen diesen beiden Messungsreihen auf $0{,}0002^{mm}$, was allerdings nicht weniger als $^1/_{15}$ von der Grösse des gemessenen Objectes beträgt.

Günstiger gestaltet sich das Verhältniss bei grösseren Gegenständen. So betrug z. B. die Differenz zwischen den zwei Messungsreihen eines Stärkekornes nur $0{,}0003^{mm}$, indem bei einer 570 maligen Vergrösserung dessen Durchmesser $= 0{,}0120^{mm}$, bei einer 950maligen $= 0{,}0123^{mm}$ gefunden wurde. Dieselbe macht somit nur $^1/_{40}$ des Objectes aus.

Weit sicherere und für alle Fälle genügende Resultate liefert die Anwendung des Objectglasmikrometers in Verbindung mit der Camera lucida. Im Allgemeinen beruht diese Methode darauf, dass das vergrösserte Bild des Objectes auf einer Fläche projicirt und entweder mittelst eines hierzu besonders angefertigten, oder mittelst eines gewöhnlichen Maassstabes gemessen wird. Dieselbe lässt in der Ausführung mancherlei Modificationen zu, deren wir im Verlaufe erwähnen müssen.

Zunächst werde ich die von mir angewendete und bewährt gefundene Verfahrungsweise besprechen, welche darauf hinausgeht, dass die Grösse des mittelst der Camera lucida in seinen Umrissen genau nachge-

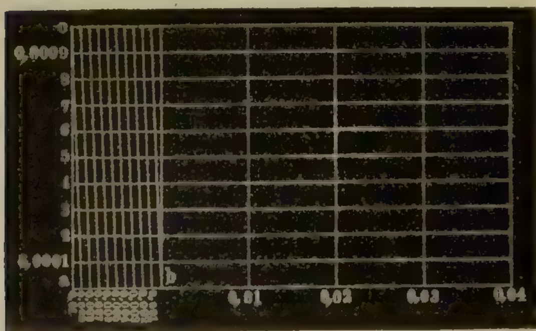
zeichneten mikroskopischen Bildes mittelst eines hierzu besonders angefertigten Maassstabes gemessen wird.

Als Projectionsmittel eignet sich unter allen Umständen hierzu ein solches, welches das Bild auf einer horizontalen oder nur wenig geneigten Fläche entwirft, weil nur so Arm und Hand die zur genauen Zeichnung erforderliche Sicherheit und Festigkeit besitzen. Bei der Zeichnung selbst muss man es sich zum Grundsatze machen, stets nur den mittleren Theil des Gesichtsfeldes zu benutzen, um sowohl den Einfluss zu beseitigen, welchen die Verzerrung des Bildes an dem Rande des letzteren auf die Vergrösserung ausüben könnte, als auch immer dieselbe Entfernung festzuhalten, bei der Maassstab und Bild gezeichnet werden.

Die Anfertigung der Maassstäbe, von denen man für die Combination je eines Objectivsystemes mit einem bestimmten Oculare einen besonderen nöthig hat, vollführt man auf folgende Weise. Bei einem bestimmten Abstande (ich wählte dazu 250^{mm}), der in der Folge bei der Ausführung von Messungen immer genau festzuhalten ist, entwirft man sich auf einem glatten und ganz ebenen Blättchen Zeichenpapier das Bild eines Theiles der Mikrometerscala und führt danach seinen Maassstab in der Form aus, wie dies bei den bekannten verjüngten Maassstäben üblich ist. Für die schwächeren Objectivsysteme kann die Eintheilung des Millimeters in 10 oder 20 Theile zu Grunde gelegt werden, für die mittleren und stärkeren genügt hierzu vollkommen die Theilung von 1^{mm} in 100 Theile. Im ersteren Falle bilden $^1/_{10}$ oder $^1/_{20}{}^{mm}$, im letzteren $^1/_{100}{}^{mm}$ die Haupteinheiten des Maassstabes. Diese können dann je nach Umständen in 5 bis 10 Unterabtheilungen getheilt werden, von denen die Proportionaltheile wiederum Zehntel angeben. In der Figur 236 ist ein solcher Maassstab für eine 1000fache Vergrösserung dargestellt. Die Hauptabtheilungen desselben entsprechen $0{,}01^{mm}$, die Unterabtheilungen zwischen a und b $0{,}001^{mm}$, während die Proportionaltheile zwischen a und c $0{,}0001^{mm}$ angeben. Man kann aber durch Einrücken zwischen die Parallellinien noch mit voller Sicherheit $0{,}00005^{mm}$ unmittelbar ablesen.

Fig. 236.

0,01mm = 10mm (1000fache Vergr.).



Maassstab für das Objectglasmikrometer.

Die Messung ist eine höchst einfache. Es wird nämlich der Durchmesser des in seinen Umrissen sorgfältig mittelst einer feinen Bleistiftlinie umzogenen Bildes zwischen die Spitzen eines genauen — nur zu diesem Zwecke zu gebrauchenden — Zirkels gefasst und dessen Grösse auf dem entsprechenden Maassstabe abgegriffen. Zur Controle sowie zur Erzielung der höchst möglichen Zuverlässigkeit kann man die Messung

mittelst anderer Combinationen des optischen Apparates wiederholen und beliebig vervielfältigen.

An Genauigkeit wird diese Methode, wenn der Beobachter in dem Gebrauche der Camera lucida gehörig geübt ist und seine Umrisszeichnung mit voller Sicherheit und Festigkeit der Hand entwirft, wenn ferner die betreffenden Maassstäbe mit Acuratesse ausgeführt sind und die angegebenen Vorsichtsmaassregeln streng beachtet werden, soweit meine Erfahrungen reichen, von keiner der übrigen Messungsmethoden bedeutend übertroffen. Um dieselbe noch weiter zu treiben und namentlich die Bruchtheile der Hauptabtheilungen des Maassstabes mit grösserer Sicherheit zu bestimmen, kann man auf einem fünf- bis zehnfach vergrösserten Maassstabe den mittelst eines Doppelzirkels oder auf eine andere Weise in gleichem Verhältnisse vergrösserten Durchmesser des mikroskopischen Bildes abgreifen.

Auch an Bequemlichkeit und Raschheit der Ausführung steht dieselbe, wenn man erst einmal die Maassstäbe in Ordnung hat, keiner der gleich zuverlässigen Messungsweisen nach, da man mit Leichtigkeit sofort die wahre Grösse des Objectes abzulesen und niederzuschreiben im Stande ist. Ein weiterer wohl zu beachtender Vorzug liegt darin, dass man mit Ausnahme der etwaigen Ausgabe für einen feinen Stangen- oder Doppelzirkel und eventuell für die Maassstäbe keine weitere Kosten aufzuwenden hat, da sich die Camera lucida ja ohnehin in den Händen des Mikroskopikers befinden muss, wenn er seine Zeichnungen in der wahren Bildgrösse ausführen will.

Nachstehende an verschieden grossen Objecten mittelst dieser Methode ausgeführten Probemessungen ergaben folgende Resultate:

1. Stärkekorn:
   a. Mittel aus der ersten Reihe von 10 Messungen = 0,03387mm
   b. „ „ „ zweiten „ „ „ „ = 0,03383 „
   Differenz = 0,00004mm

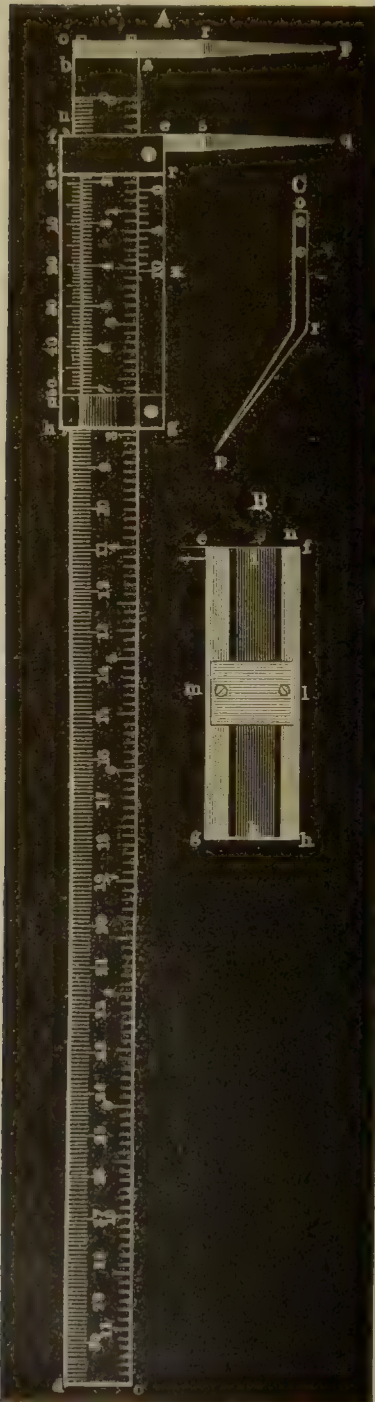
2. Kleines Stärkekorn:
   a. Mittel aus der ersten Reihe von 10 Messungen = 0,01215mm
   b. „ „ „ zweiten „ „ „ „ = 0,01219 „
   Differenz = 0,00004mm

3. Tüpfelraum einer Zelle von Abies pectinata:
   a. Mittel aus der ersten Reihe von 10 Messungen = 0,00479mm
   b. „ „ „ zweiten „ „ „ „ = 0,00473 „
   Differenz = 0,00006mm

4. Feines Spiralband:
   a. Mittel aus der ersten Reihe von 10 Messungen = 0,00110mm
   b. „ „ „ zweiten „ „ „ „ = 0,00115 „
   Differenz = 0,00005mm

Will man sich die Mühe ersparen, mehrere Maassstäbe anzufertigen, so muss man allerdings zu einer Messungsweise des Bilddurchmessers greifen, bei der es nur eines einzigen Maassstabes bedarf. In Bezug auf das demselben zu Grunde zu legende Normalmaass hat man natürlich volle Freiheit. Da aber einmal das metrische Maass bei wissenschaftlichen Grössenbestimmungen sich fast überall Eingang verschafft hat, so verwendet man am geeignetsten einen solchen Maassstab, bei welchem die Hauptabtheilungen Centimeter, die nächsten Unterabtheilungen Millimeter und die Proportionaltheile $^1/_{10}$ Millimeter angeben. Hier hat man aber in dem abgegriffenen Maasse noch nicht die wirkliche Grösse des Objectes, sondern es muss diese durch Division mit der betreffenden Vergrösserungszahl in jenes ermittelt werden. Dass man sich auch in diesem Falle des oben erwähnten Doppelzirkels bedienen kann, liegt auf der Hand. Harting empfiehlt einen sogenannten Schieberzirkel (Fig. 237), auf welchem man mittelst eines angebrachten Nonius noch $^1/_{50}$ des Millimeters ablesen kann. Ich kenne denselben nicht aus eigener Erfahrung, es erscheint mir derselbe aber jedenfalls empfehlenswerth. Neben den oben angegebenen Vorsichtsmaassregeln hat man bei diesem Messungsverfahren besonders darauf zu achten, dass die Vergrösserungsziffern auf das Allersorgfältigste bestimmt werden, weil ein verhältnissmässig geringer Fehler in denselben das Resultat irritiren würde. Hätte man z. B. auf dem Maassstabe 33^{mm} abgegriffen, so würde sich bei 700facher Vergrösserung der Durchmesser des Objectes $= 0{,}0471^{mm}$ ergeben, während derselbe, wenn die Vergrösserung in der That $= 710$ sein

Fig. 237.



Harting's Schieberzirkel.

würde, = 0,0465^{mm} wäre, was eine Differenz von 0,0006^{mm} ergäbe, welche $^1/_{72}$ des Objectes gleich käme, also weit grösser wäre als der wahrscheinliche Fehler der Messung.

H. v. Mohl räth an, das Bild nicht auf Papier aufzufangen und nachzuzeichnen, sondern über einem Maassstabe mit kleinen Abtheilungen zu projiciren, deren Werth man vorher mit Hilfe eines Glasmikrometers bestimmt hat. Hierbei soll eine grössere Genauigkeit deshalb erzielt werden können, weil man die Striche des Maassstabes sehr scharf in dem mikroskopischen Bilde erblicke. Ich habe diese Messungsweise versucht und mich überzeugt, dass dieselbe der vorhin von mir geschilderten keineswegs an Genauigkeit gleichkommt. Als Maassstab benutzte ich einen solchen, dessen Abtheilungen Pariser Linien vorstellen. Bei einer 550-fachen Vergrösserung entsprachen 2,4 Abtheilungen desselben $^1/_{100}$^{mm} des Glasmikrometers; es gab somit eine davon $^1/_{240}$^{mm} an und da sich noch mit hinreichender Sicherheit $^1/_{10}$ einer Abtheilung schätzen oder mittelst des Zirkels messen liess, so war ich im Stande, mit einiger Zuverlässigkeit bis auf $^1/_{2400}$^{mm} zu messen. Bei stärkeren Vergrösserungen möchte sich die Genauigkeit sogar bis gegen $^1/_{4000}$^{mm} steigern.

Bei kleineren Objecten kann man die Schätzung von Bruchtheilen der Abtheilungen des benutzten Maassstabes umgehen, wenn man den letzteren in folgender Weise ausführt. Man schneidet die z. B. genau in 50 Linien getheilte, rechteckige, 5‴ breite Scala (Fig. 238) durch eine

Fig. 238



Maassstab für kleine Objecte.

Diagonale *ab*, so entsprechen die betreffenden Proportionaltheile 1, 2, 3, 4 u. s. w. $^1/_{10}$, $^2/_{10}$, $^3/_{10}$, $^4/_{10}$ u. s. w. Linien und geben bei der oben genannten Vergrösserung $^1/_{2400}$: $^2/_{2400}$ ($^1/_{1200}$) $^3/_{2400}$ ($^1/_{800}$) $^4/_{2400}$ ($^1/_{600}$)^{mm} an. Bei der Messung verfährt man derart, dass man das projicirte Bild des Objectes zwischen die Schenkel des durch die eine Seite des Scalen-Rechtecks und durch die Diagonale gebildeten Winkels fallen lässt und dann an dem einen Rande die entsprechende Zahl abliest. Hätten z. B. die diametral gegenüberstehenden Ränder des ersteren unter dem 12. Theilstriche die beiden Schenkel des Winkels berührt, so wäre der Durchmesser = $^{12}/_{2400}$ oder $^1/_{200}$ (0,005)^{mm}.

Ocularmikrometer. — Eine bequeme, zuverlässige Resultate liefernde Messungsmethode gewährt die Anwendung des Ocular-Glasmikrometers, welches zwischen Collectiv- und Ocularlinse derart in das Ocular gelegt wird, dass man dessen Theilung und das objective Bild des Gegen-

standes zugleich und mit gleicher Schärfe erblickt. In Betreff der losen, nicht in einem besonderen Oculare befestigten Scalen habe ich darauf aufmerksam zu machen, dass das Mikrometer stets so in das letztere eingelegt werden muss, dass dessen Theilung dem Objectivsysteme zugekehrt ist. Bei umgekehrter Lage würde erstlich durch Reflexion an der hinteren Oberfläche der Glasplatte eine Verdoppelung der Theilstriche bewirkt werden und zweitens die von dem Bilde ausgehenden Lichtstrahlen wegen der zwischengeschobenen Glasmasse eine andere Brechung erleiden, als die von der Theilung ins Auge gelangenden, welche Umstände auf die Genauigkeit des Resultates nicht ohne störenden Einfluss bleiben könnten.

Ehe man zu der eigentlichen Messung schreitet, muss der Werth der Abtheilungen des Mikrometers für die verschiedenen Objectivsysteme bestimmt werden. Zu diesem Zwecke benutzt man ein zweites Glasmikrometer als Object und zählt die Abtheilungen des Ocularmikrometers, welche einer vollen Anzahl von Abtheilungen des erstern entsprechen. Eine kleine Rechnung ergibt dann den wahren Werth je einer Abtheilung des Ocularmikrometers. Hätte man z. B. beobachtet, dass 14 Intervalle des letzteren genau 5 Abtheilungen des Object-Glasmikrometers decken, von denen jede $= {}^{1}/_{100}{}^{mm}$ ist, so würde eine Abtheilung des ersteren ${}^{1}/_{280}$ $(0{,}00357)^{mm}$ gleichkommen. Hat man indessen die Vergrösserungen seines Mikroskopes mit der grössten Sorgfalt und Genauigkeit bestimmt, so braucht man nur für ein Objectivsystem den Werth einer Abtheilung des Ocularmikrometers zu bestimmen und kann die Werthe für die übrigen Objectivsysteme durch Rechnung finden. Es verhalten sich nämlich diese Werthe umgekehrt, wie die entsprechenden Vergrösserungsziffern. Würde z. B. die Vergrösserung eines zweiten Objectivsystemes 2,5 mal so gross sein, als diejenige, bei welcher obiger Werth bestimmt wurde, so müsste der entsprechende Werth einer Abtheilung des Ocularmikrometers $\frac{0{,}00357}{2{,}5}$, d. i. $0{,}001428^{mm}$ gleichkommen. Jedenfalls wird es gut sein, wenn man beide Bestimmungsweisen zur gegenseitigen Controle benutzt.

Zur Erleichterung späterer Umrechnung der Scalentheile des Ocularmikrometers in den wahren Werth, fertigt man sich ein Täfelchen an, in welches für jedes Objectivsystem die Werthe von 1 bis 10 Intervallen eingetragen werden. In vielen Fällen hat man dann dieselben bloss auszuschreiben, in anderen reicht man mit einer einfachen Addition oder Multiplication aus.

Hat man aus einer grösseren Anzahl von Messungen den Mittelwerth zu bestimmen, so bedarf es nicht für jede einzelne Messung einer Umrechnung, sondern man kann aus den gefundenen Scalentheilen den Mittelwerth nehmen und bloss diesen in den wahren Werth umrechnen, wodurch an Zeit und Mühe gespart wird, ohne dass das Hauptresultat auch nur im mindesten leidet.

Hie und da finden sich die Werthe der Scalentheile von den Opti-

kern in der ihren Instrumenten beigegebenen Vergrösserungstafel angegeben. Man darf sich indessen nicht hierauf verlassen, sondern muss, wenn man für die Genauigkeit seiner Messungen einstehen will, deren Bestimmung selbst vornehmen.

Die Messung mittelst dieses Mikrometers ist höchst einfach. Man zählt eben nur die Anzahl der Intervalle der Scala, welche das bei scharfer Einstellung erhaltene Bild des zu messenden Gegenstandes decken, und entnimmt dann aus seinem Täfelchen dessen wahre Grösse. Wo das Bild des Objectes nicht von einer ganzen Anzahl von Intervallen gedeckt wird, ist der betreffende Bruchtheil zu schätzen, was sich, wenn man erst einmal die erforderliche Uebung erlangt hat, leicht bis auf $^1/_5$, ja auf $^1/_{10}$ hinreichend sicher ausführen lässt.

Die Hauptvorsichtsmaassregeln, welche man bei dieser Messungsmethode nie ausser Acht lassen darf, bestehen darin, dass man das Object auf das Schärfste einstellt, nur den mittleren Theil des Gesichtsfeldes zur Messung verwendet und bei der Abzählung der Intervalle immer von den gleichliegenden Rändern der Theilstriche ausgeht, von denen man den einen mit dem einen Rande des Bildes genau in Berührung gebracht hat.

Was die Genauigkeit betrifft, so kommt derselben der Umstand zu Gute, dass man zur Ausführung schon sehr feiner Messungen viel gröbere Theilungen verwenden kann, als wenn man von dem Glasmikrometer als Object Gebrauch macht. Diese bieten aber einer gleichmässigen Ausführung von Seiten des Mechanikers weit weniger Schwierigkeiten dar, als die feineren. Man wird bei dem Ocularmikrometer, wenn dasselbe aus einer der besseren Werkstätten hervorgegangen ist, daher auch in Bezug auf die Gleichförmigkeit der einzelnen Abtheilungen weit geringeren Differenzen begegnen, als bei dem Object-Glasmikrometer. Ich habe in der neuesten Zeit Gelegenheit gehabt, mehrere solcher Mikrometer aus verschiedenen Werkstätten zu prüfen, welche wirklich eine befriedigende Uebereinstimmung in der Grösse der einzelnen Intervalle zeigten. Selbst die grösste Differenz, welche ich bei nur einem dieser Mikrometer beobachtete, ging nicht über $^1/_{12}$ einer Abtheilung hinaus, während dieselbe bei anderen bis auf $^1/_{30}$ und weniger sank. Setzt man aber auch den Fall, dass man sich eines Mikrometers bediene, welches selbst Differenzen bis zu $^1/_{10}$ einer Abtheilung zeigte, so würden diese (vorausgesetzt, dass man sich keine Correctionstafel angefertigt habe) auf die Messung doch kaum in bemerklicher Weise influiren. Nimmt man z. B. an, eine Abtheilung des Mikrometers entspreche $0{,}004^{mm}$ und die Differenz zwischen zwei aufeinander folgenden Intervallen betrage $^1/_{10}$, so würde der Werth des einen entweder um $0{,}0004^{mm}$ zu gross oder zu klein ausfallen, ein Fehler, der für manche Messungen sogar ganz ausser Betracht bleiben kann. Wo aber der durch die Ungleichheiten in der Theilung hervorgerufene Fehler die Messung in bedenklicher Weise influiren könnte, da wird derselbe durch den Gebrauch

der in der oben angegebenen Weise angefertigten Correctionstafel beseitigt, so dass in dieser Beziehung die Genauigkeit der Messung nichts zu wünschen lässt.

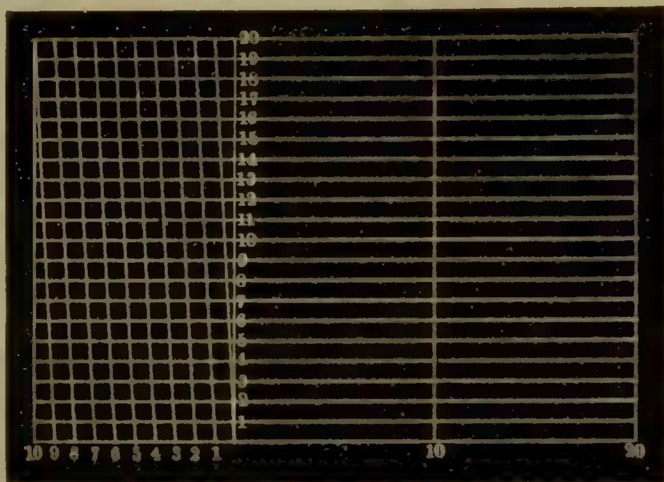
Auch durch die Schätzung der Bruchtheile eines Intervalles, welche nie mit so voller Sicherheit geschehen kann, dass man sich nicht um irgend einen sehr kleinen Bruchtheil irrt, wird die Genauigkeit der Messungen mittelst des Ocular-Glasmikrometers weit weniger beeinträchtigt, als man von mancher Seite anzunehmen geneigt ist. Sollte man z. B. einen Bruchtheil, der in der That $^1/_8$ beträgt, für $^1/_{10}$ schätzen, so würde, der Werth eines Intervalles = $^1/_{500}{}^{mm}$ gesetzt, $^1/_{10}$ desselben = $^1/_{5000}{}^{mm}$, $^1/_8$ aber = $^1/_{4000}{}^{mm}$ sein und der begangene Fehler höchstens $^1/_{20000}{}^{mm}$ betragen. Ja wenn man selbst $^1/_4$ eines Intervalles für $^1/_5$ einschätzte, so würde unter obigen Voraussetzungen der begangene Fehler $^1/_{10000}{}^{mm}$ nicht übersteigen. Dies letztere ist aber, wenn man eben nur einige Uebung besitzt, die äusserste Grenze, bis zu der man bei der Schätzung der Bruchtheile irren kann. Dieselbe fällt übrigens um so genauer aus, je stärker das Ocular ist, in welches man das Mikrometer einlegt. Die Schärfe der Umrisse des mikroskopischen Bildes leidet dadurch bei den besseren Objectivsystemen keineswegs in so bedeutender Weise, dass das Resultat dadurch wesentlich beeinflusst würde.

Es kann übrigens die Schätzung von Bruchtheilen der Scala ganz umgangen werden, wenn man das Ocular-Glasmikrometer in Verbindung mit der Camera lucida gebraucht. Zu dem Ende legt man die mittelst der letzteren entworfene Scala einem Maassstabe zu Grunde, auf dem mit Hilfe der Proportionaltheile $^1/_{10}$ bis $^1/_{20}$ der Intervallen abgelesen werden können und greift auf diesem mittelst des Zirkels die Ganzen und Bruchtheile der letzteren ab, welche dem nachgezeichneten Bilde des Gegenstandes entsprechen. Um aber den einmal angefertigten Maassstab bei allen Objectivsystemen benutzen zu können, muss man sich eine kleine Correctionstafel anfertigen, welche diejenigen Zahlen enthält, womit die Zahl der abgegriffenen Scalentheile zu multipliciren ist, um die wahre Zahl derselben zu erhalten. Da nämlich durch den Focalabstand der Objectivsysteme einerseits, durch deren Länge andererseits, der Abstand sich etwas ändert, bei welchem das mikroskopische Bild auf die Zeichenfläche entworfen wird, so fällt dies je nach dem angewendeten Objectivsysteme entweder kleiner oder grösser aus, als es für dasjenige Objectivsystem der Fall ist, bei welchem die Scala entworfen wurde. Zur Auffindung der Correctionszahlen verfährt man in folgender Weise. Nachdem der Maassstab angefertigt worden, zeichnet man bei den verschiedenen Objectivsystemen eine Gruppe von 10 bis 20 Intervallen der Mikrometerscala mittelst der Camera lucida, fasst diese zwischen die Zirkelspitzen und greift deren Grösse auf dem Maassstabe ab. Die Division der gezeichneten Anzahl von Intervallen durch den abgegriffenen Werth ergibt die Correctionszahl. Ich habe z. B. meine Scala bei System 7 von Hartnack entworfen und danach den Maassstab angefertigt; 10 Intervalle bei System 5

nachgezeichnet, entsprechen nun aber 10,24 Theilen des Maassstabes, mithin ist die Correctionszahl = 10 : 10,24 = 0,975 nahezu. Hätte man demnach bei System 5 einen Gegenstand gezeichnet, mittelst des Zirkels gemessen und dessen Durchmesser = 5,16 Intervallen gefunden, so würde die wahre Anzahl = 5,16 × 0,975 = 5,04 sein.

Die einzelne auf diese Weise unter Anwendung sämmtlicher Correctionen vollzogene Messung verlangt allerdings einen nicht geringen Zeitaufwand, aber die Anfertigung kleiner Tafeln (Fig. 239), von denen man

Fig. 239.



Maassstab, um $^{1}/_{20}$ der Intervalle des Ocularmikrometers abzulesen. (Mikrometer im Ocular 4. von Zeiss.)

ohne weitere Umstände die betreffenden Werthe abzulesen im Stande ist, hilft auch über diesen Uebelstand hinaus Jedenfalls ist derselbe nicht bedeutender, als bei den übrigen genaueren Messungsmethoden, welche man mit Anwendung von Correctionen ausführt. Dafür ist die Genauigkeit und Verlässlichkeit der Messung eine solche, dass sie kaum von einer der anderen Methoden übertroffen werden dürfte.

Die mittelst derselben begangenen Fehler lassen sich leicht aus folgender Zusammenstellung ersehen, welche die Resultate einiger, bei 820-facher Vergrösserung vorgenommener Messungen enthält.

1. Stärkekorn:

a. Mittel aus der ersten Reihe von 10 Messungen = 0,05895^{mm}
b. " " " zweiten " " 10 " = 0,05893^{mm}

Differenz = 0,00002^{mm}

2. Stärkekorn:

a. Mittel aus der ersten Reihe von 10 Messungen = 0,01218^{mm}
b. " " " zweiten " " 10 " = 0,01215^{mm}

Differenz = 0,00003^{mm}

3. Spiralband von Chelidonium:

a. Mittel aus der ersten Reihe von 10 Messungen = 0,00568^{mm}
b. „ „ „ zweiten „ „ 10 „ = 0,00564^{mm}
Differenz = 0,00004^{mm}

4. Spiralband:

a. Mittel aus der ersten Reihe von 10 Messungen = 0,00315 ^{mm}
b. „ „ „ zweiten „ „ 10 „ = 0,003115^{mm}
Differenz = 0,000035^{mm}

5. Zwischenraum zwischen 2 Reihen von Pleurosigma formosum:

a. Mittel aus der ersten Reihe von 10 Messungen = 0,000841^{mm}
b. „ „ „ zweiten „ „ 10 „ = 0,000821^{mm}
Differenz = 0,000020^{mm}

6. Zwischenraum zwischen 2 Reihen von Grammatophora marina:

a. Mittel aus der ersten Reihe von 10 Messungen = 0,000444^{mm}
b. „ „ „ zweiten „ „ 10 „ = 0,000420^{mm}
Differenz = 0,000024^{mm}

Oberhäuser's Ocularmikrometer. — Für eine möglichst schnelle Grössenbestimmung kleiner Gegenstände eignet sich das Seite 240 beschriebene Glasmikrometer von Oberhäuser. Um für dasselbe den wahren Werth der Scalentheile zu bestimmen, schiebt man das als Object benutzte Glasmikrometer derart zwischen den von der einen Seite des Rechteckes und der Diagonale gebildeten Winkel, dass die erstere und ein Theilstrich des Mikrometers einander genau decken, und sieht zu, wie viele Scalentheile des Ocular-Mikrometers einer oder mehreren Abtheilungen des Object-Mikrometers entsprechen. Hätte man z. B. gefunden, dass bei einer bestimmten Vergrösserung 50 Scalentheile des Ocularmikrometers einer Abtheilung des Objectmikrometers entsprächen, der in $^1/_{100}{}^{mm}$ getheilt ist, so würde sich daraus der Werth von je einem der ersteren zu $^1/_{5000}$ oder 0,0002^{mm} ergeben.

Bis zu diesem Bruchtheile liesse sich also bei der vorausgesetzten Vergrösserung direct messen, und da sich mit voller Sicherheit die Hälfte eines Scalentheiles schätzen lässt, so kann man die Genauigkeit bis auf 0,0001^{mm} steigern.

Die Messung mittelst des Ocular-Glasmikrometers überhaupt gewährt bei geeigneten Objecten, wie isolirten Fasern, Zellen, Blutzellen, Fettkügelchen, Zellkernen und dergleichen, nach meinen Erfahrungen eine Genauigkeit, welche derjenigen durch irgend eine der anderen besseren Messungsmethoden erreichten kaum in irgend erheblichen Grade nachsteht. Von einzelnen Beobachtern ist dieselbe unterschätzt worden. Freilich gibt es Fälle, in denen man mit derselben nicht zum Ziele kommt. Dies gilt namentlich dann, wenn das mikroskopische Bild etwas complicirt ist, indem darin viele durcheinander liegende Objecte vorkommen, oder wenn

das Präparat nicht die nöthige Durchsichtigkeit besitzt. Dann fällt es nämlich schwer, die Theilstriche der Scala mit der erforderlichen Schärfe und Klarheit über dem betreffenden Objecte zu sehen und eine genaue Einstellung derselben auf den Rand des letztern zu bewirken. Von dem Versuche, die Mikrometerscala mit einer färbenden Substanz einzureiben, um die Theilstriche leichter sehen zu können, muss ich entschieden abrathen, da man dadurch in jedem Falle dem Apparate mehr schadet, als man der Messung nützt.

Die zuletzt hervorgehobenen Uebelstände fallen natürlich weg, wenn man das mikroskopische Bild mittelst der Camera lucida zeichnet und die Anzahl der ihm entsprechenden Scalentheile mittelst des Zirkels in der früher erwähnten Weise abgreift.

Messung mittelst der Schraubenmikrometer. — Die Einrichtung der Schraubenmikrometer, sowie das Princip, worauf die Messung mittelst derselben beruht, haben wir bereits im sechsten Abschnitte kennen gelernt. Es bleibt somit nur übrig, die Fehler derselben kennen zu lernen, ferner die Art und Weise der Ausführung, sowie die Genauigkeitsgrenze der damit vorzunehmenden Messung zu erörtern.

Was die Fehler in der Theilung betrifft, so liegen dieselben einzig und allein in der Schraube, da man wohl voraussetzen darf, dass die Theilung der Trommel, sowie des Nonius, die mit voller Sicherheit geschehen kann, mit solcher Vorsicht ausgeführt ist, um in dieser Beziehung jeden Fehler auszuschliessen.

Zunächst kommt der absolute Werth der Theilung und dann die Ungleichheiten in Betracht, welche zwischen den Höhen der einzelnen Schraubengänge bestehen und welche selbst bei sorgfältig ausgeführten Mikrometern nach Harting nicht selten $^1/_2$ bis 1 Proc. und mehr, nach H. v. Mohl dagegen bei überhaupt brauchbaren Instrumenten höchstens $^1/_{10}$ Proc. betragen sollen.

Um die Ungleichförmigkeiten in der Höhe der Schraubengänge kennen zu lernen und dieselben bei späteren Messungen, soweit sie auf die Genauigkeit influiren, berücksichtigen zu können, muss man den relativen Werth der einzelnen Abtheilungen der Schraube mittelst eines festen Maassstabes prüfen. Hierzu benutzt man am besten ein Glasmikrometer, von dem man den Werth der einzelnen Abtheilungen vorher genau ermittelt und für das man sich eine Correctionstafel angefertigt hat. Man sieht dann einfach zu, ob zur Einstellung auf eine gleiche Strecke des Glasmikrometers an allen Theilen der Schraube auch eine gleiche Anzahl von Schraubenumgängen erforderlich ist. Die etwa vorkommenden Differenzen notirt man, um sie später in einer vollständigen Correctionstabelle zusammenzustellen. Dasselbe Mikrometer kann auch zur Bestimmung der absoluten Grösse der einzelnen Abtheilungen resp. Schraubenumgänge angewendet werden, wenn man nur vorerst nach der früher beschriebenen Methode den wahren Werth seiner Länge ermittelt hat.

Zwei fernere, in dem Instrumente selbst zu suchende Fehlerquellen liegen in dem sogenannten todten Gange und in dem Sehwindel der Schraube.

Wenn wir auch ganz und gar von schlechten Mikrometern, oder solchen absehen, bei denen sich der erste Uebelstand in Folge eines langen und häufigen Gebrauches eingestellt hat, so klebt derselbe doch in gewissem Maasse auch dem besten Instrumente an, indem die Schraubenspindel in der Mutter immer so viel Spielraum hat, dass man erstere um einen sehr kleinen Winkel drehen kann, ohne dass das Object bewegt wird. Eine solche kleine Umdrehung kann aber leicht durch den blossen Druck bei der Einstellung in einer oder der anderen Richtung geschehen, ohne dass man ihn beabsichtigt hatte, und wird zu einem Fehler in der Ablesung Veranlassung geben. Um diese Fehlerquelle zu beseitigen, hat Nobert seinem Mikrometer die oben beschriebene Einrichtung gegeben, welche ihrem Zwecke allerdings vollkommen entspricht, aber auch das ohnehin theure Instrument noch mehr vertheuert.

Der Sehwindel besteht darin, dass bei gleicher Höhe eines jeden Schraubenumganges die Steigung eine veränderliche ist. Man erhält dann zwar gleiche Verschiebungen bei ganzen Umdrehungen, die Bruchtheile aber differiren je nach den verschiedenen Schraubengängen, indem das eine Mal eine kleinere, das andere Mal eine grössere Umdrehung erforderlich wird, um eine gleich grosse Verschiebung zu bewirken.

Einige andere Fehlerquellen beruhen auf der Art und Weise der Ausführung der Messung selbst.

Objecttisch-Schraubenmikrometer. — Diese beruht bekanntlich bei dem Objecttisch-Schraubenmikrometer darauf, dass man den Weg misst, welchen ein stetig und geradlinig durch das Gesichtsfeld geführtes Object zurückgelegt hat. Man bringt zu dem Ende den Gegenstand, dessen Grösse man zu bestimmen wünscht, derart auf den beweglichen Schlitten des Mikrometers, dass er mit einem Rande genau den über der Blendung des Oculares senkrecht zur Längenachse der Schraube ausgespannten Faden berührt, und führt ihn mittelst Drehens der Mikrometerschraube so weit durch das Gesichtsfeld des Mikroskopes, bis der dem ersteren gegenüberliegende Rand mit dem gleichen Faden zusammenfällt. Auf dem horizontalen Index liest man hierauf die Ganzen auf der Trommel die Bruchtheile der Schraubenumgänge ab und hat darin unmittelbar die wahre Grösse des Durchmessers. Es ist indessen keineswegs nöthig, dass man Index und Trommel vorher auf 0 gestellt hat, um die Ablesung vorzunehmen. Beobachtet man nur am Anfang und Ende der Operation den Stand der beiden, so ergibt der Unterschied zwischen den entsprechenden Zahlen die Anzahl der Schraubenumgänge und damit den Durchmesser des Objectes.

Behufs einer genauen Messung kommt es hier vor Allem darauf an, dass die Ränder des Gegenstandes auf das Schärfste mit dem in dem

Oculare ausgespannten Faden zusammenfallen. Dieser haarscharfen Einstellung wirken aber mehrere Umstände entgegen, von denen der eine auch bei dem Ocular-Glasmikrometer der Genauigkeit etwas Eintrag thut. Erstlich bewirkt die an den Rändern des Fadens stattfindende Beugung der Lichtstrahlen eine Abplattung am Rande des Bildes, welche eine so vollkommene Aneinanderlegung des ersteren über das letztere, wie sie theoretisch erfordert wird, nicht möglich macht. Mohl hat, um diesem Uebelstande entgegen zu wirken, zweierlei Mittel vorgeschlagen. Das eine besteht in der Anwendung zweier, auf einer ins Ocular gelegten Glastafel, in kleinen Entfernungen von einander gezogener, paralleler Diamantstriche und der Einstellung des Bildrandes auf die Mitte des Zwischenraumes. Allein auch hierdurch wird nach Mohl's eigenen Erfahrungen der Zweck weder vollkommen noch in allen Fällen erreicht, indem die Striche, namentlich wenn ein nicht ganz durchsichtiges Object unter ihnen durchgeführt wird, höchst schwierig zu sehen sind und momentan sogar ganz unsichtbar werden. Als zweckmässiger empfiehlt er daher in das Ocular einen Ring einzulegen, in welchem sich in der Richtung eines Radius eine Nadel befindet, deren Spitze in den Mittelpunkt des Gesichtsfeldes reicht, und auf diese feine Spitze einzustellen. Es ist nicht zu bezweifeln, dass hierdurch die Einstellung etwas leichter und sicherer wird, aber gänzlich aufgehoben wird der Einfluss der Beugung auch durch dieses Mittel nicht. Am passendsten wird es sein, wenn man — wie dies von manchen Optikern geschieht — zwei feine, scharf zu sehende Mikrometerfäden in kleiner Entfernung von einander parallel über das Ocular spannt und auf die Mitte des Zwischenraumes einstellt.

Eine weitere Ursache nicht völlig genauer Einstellung liegt in der Unsicherheit der Hand, vermöge welcher man auch bei der grössten Vorsicht häufig nicht vermeiden kann, dass man entweder die Schraube etwas weiter dreht, als es zu der scharfen Einstellung von Mikrometerfaden und Bildrand erforderlich ist, oder dass man mit der Drehung etwas zu früh aufhört. Umgekehrt kann der Druck der Hand bei der Drehung leicht eine Bewegung des Objectes veranlassen, ohne dass die Schraube eine solche ausgeführt habe. Diese beiden Fehlerquellen werden jedoch durch die beschriebene Verbesserung von Nobert aufgehoben und gelten nur für die Mikrometer der älteren Einrichtung.

Ein dritter Grund der Fehlerhaftigkeit der Messung beruht auf dem Baue der Mikroskopstative, indem, wenn derselbe nicht höchst solide ist, durch den bei der Drehung der Schraube mittelst der Hand ausgeübten Seitendruck eine Verschiebung des ganzen Messapparates hervorgerufen werden kann. Bei den neueren, solideren, dem Oberhäuser'schen Hufeisenstative nachgebildeten Mikroskopen hat man diese Fehlerquelle kaum mehr zu fürchten, wogegen sie bei den hochgebauten Stativen noch immer nicht ganz ausser Acht zu lassen ist.

Ich selbst habe in der neueren Zeit mich nicht mehr mit Messungen mittelst des Schraubenmikrometers befasst, obwohl ich früher häufig ein

solches von Schieck benutzte. Da mir auch ein derartiges Mikrometer gegenwärtig nicht zur Verfügung steht, so muss ich mich in Bezug auf die Grenzen der Genauigkeit, welche diese Messungsmethode gewährt, auf die Mittheilung der Resultate beschränken, welche H. v. Mohl und Harting bei ihren zu diesem Behufe vorgenommenen Probemessungen erlangt haben.

H. v. Mohl fand, dass der wahrscheinliche Fehler bei einem Durchmesser des Objectes:

von $^1/_5{}''' = {}^1/_{11700}$
" $^1/_{10}{}''' = {}^1/_{1700}$
" $^1/_{50}{}''' = {}^1/_{1079}$
" $^1/_{178}{}''' = {}^1/_{214}$
" $^1/_{560}{}''' = {}^1/_{90}$
" $^1/_{1708}{}''' = {}^1/_{23}$

des Durchmessers betrug. Man ersieht daraus, dass der wahrscheinliche Fehler sich in um so stärkerem Maasse geltend macht, je kleiner das Object wird, und sogar bis zu der nicht unbedeutenden Höhe von 4 bis 5 Proc. steigen kann.

Fast übereinstimmend sind die von Harting gefundenen Resultate bei einer mittelst zweier Schraubenmikrometer (von Powell und Lealand, und Plössl) ausgeführten Versuchsreihe von 10 Messungen eines Blutkörperchens von 0,0063 Mm. Durchmesser ($= {}^1/_{358}{}'''$). Hier betrug der wahrscheinliche Fehler des Mittels bei dem ersteren Instrumente $^1/_{67}$, bei dem letzteren $^1/_{70}$ des wahren Durchmessers.

Ocular-Schraubenmikrometer. — Weit genauere Resultate als mittelst des vorhergehenden, erlangt man mittelst des Ocular-Schraubenmikrometers, indem die Fehler der Messung, mögen sie in der Beschaffenheit der Schraube oder in einer mangelhaften Einstellung ihren Grund haben, sich in dem Verhältnisse vermindern, als das mikroskopische Bild grösser ist, als das Object selbst.

Da für das Ocular-Schraubenmikrometer ausserdem stärkere Schrauben verwendet werden, als für das Object-Schraubenmikrometer, um gleich feine Messungen auszuführen, und diese sich mit mehr Genauigkeit schneiden lassen als die feineren, so steigt auch aus diesem Grunde die Verlässlichkeit der Messung bedeutend. Es verbindet sich mit der Anwendung dieses Messinstrumentes nur eine kleine Unbequemlichkeit. Da dasselbe nämlich, wie schon früher erwähnt, nicht die wahre Grösse des Objectes angibt, sondern seine Werthe nur relative sind, die sich für jedes Objectivsystem ändern, so muss der wahre Werth der ganzen Schraubenumgänge, ähnlich wie bei dem Ocular-Glasmikrometer, für jedes Objectivsystem ermittelt und in eine kleine Tafel eingetragen werden.

Um mittelst des Ocular-Schraubenmikrometers Messungen auszuführen, kann man verschiedene Wege einschlagen.

Bei der älteren, S. 238 des 6. Abschnittes beschriebenen Einrichtung

bringt man den Gegenstand in eine solche Lage, dass der eine Rand desselben mit dem festen Faden genau zusammenfällt, und verschiebt den, diesem ersten parallelen, beweglichen Faden mittelst der Mikrometerschraube bis zur Deckung mit dem gegenüberliegenden Rande des Objectes. Die in dem Oculare angebrachte Scala gibt die Anzahl der ganzen Umdrehungen an, während deren Bruchtheile auf der Trommel abgelesen werden.

Neben den Fehlerquellen, welche den Schraubenmikrometern überhaupt anhaften, bei dem Ocularmikrometer indessen bedeutend vermindert sind, ergibt sich für die beschriebene Form des letzteren noch eine andere, welche bei genauen Messungen nicht unberücksichtigt bleiben darf. Sie besteht darin, dass bei dem gewöhnlich mit diesem Mikrometer verbundenen positiven oder Ramsden'schen Oculare das in dem Brennpunkte des letzteren entstehende Bild des Objectes an seinen Randtheilen eine Verzerrung erleidet. Dadurch wird der Werth der Schraubenumgänge ein, je nach der Grösse des Objectes veränderlicher, und die daraus sich ergebenden Fehler wachsen mit der letzteren. Um dieselben zu vermeiden, ist es am zweckmässigsten, wenn man sich eine Correctionstafel anfertigt, welche die wahren, mittelst eines vorher corrigirten Object-Glasmikrometers ermittelten Werthe der einzelnen Schraubenumgänge für die verschiedenen Abschnitte des Gesichtsfeldes enthält.

Die von Professor Harting ausgeführten Probemessungen mittelst eines Dollond'schen Ocular-Schraubenmikrometers, bei dem eine Abtheilung des Index bei einer 435fachen Vergrösserung $^1/_{10630}$ Mm., bei einer 820fachen Vergrösserung aber $^1/_{19600}$ Mm. entsprach, lieferten folgende Ergebnisse:

Der wahrscheinliche Fehler des Mittels betrug:

bei 0,05 Mm. eines Glasmikrometers $^1/_{1666}$

„ 0,01 „ „ „ $^1/_{588}$

des Objectes als wahrscheinlichen Fehler des Mittels.

Bei der von H. v. Mohl empfohlenen Einrichtung des Ocular-Schraubenmikrometers ändert sich die Methode der Messung etwas ab, so dass bei den kleinen Objecten, für welche dieses Instrument bestimmt ist, auch die letzterwähnte Fehlerquelle vollständig vermieden wird. Es wird mittelst desselben nämlich das von dem Objectivsystem entworfene Bild des Objectes nicht durch die Bewegung des Spinnenfadens bei feststehendem Ocular gemessen, sondern das mit einem Fadenkreuz versehene Ocular mit Hilfe der Mikrometerschraube quer über das Bild hinweggeführt, so dass dasselbe, nur durch die Achse des Ocular es betrachtet, keine Verzerrung erleiden kann.

Die mittelst dieser Methode erreichten Resultate zeichnen sich durch eine grosse Genauigkeit aus, wie aus fogenden von H. v. Mohl mitgetheilten Probemessungen zu ersehen ist:

Vergrösserung.	Grösse des Objectes.	Stärkste Abweichung von zwei einzelnen Messungen.	Abweichung der Mittel von 5 Messungen.	Abweichung der Mittel von 10 Messungen.	Mittlere Abweichung der einzelnen Messungen vom Gesammtmittel.
104 — 149	$\frac{1}{100}'''$ — $\frac{1}{200}'''$	$\frac{1}{41000}'''$ (i. M.).	$\frac{1}{11533}'''$ (i. M.)	$\frac{1}{28500}'''$ (i. M.)	$\frac{1}{14150}'''$ (i. M.)
430 — 487	$\frac{1}{100}'''$	$\frac{1}{10370}'''$ (i. M.).	$\frac{1}{49750}'''$ (i. M.)	$\frac{1}{77900}'''$ (i. M.)	$\frac{1}{50000}'''$ (i. M.)
800	$\frac{1}{100}'''$	$\frac{1}{12000}'''$	$\frac{1}{50000}'''$	$\frac{1}{100000}'''$	$\frac{1}{68000}'''$ (i. M.)
1100	$\frac{1}{1040}'''$	$\frac{1}{15600}'''$	$\frac{1}{40000}'''$	$\frac{1}{71400}'''$	$\frac{1}{77000}'''$

Messung mittelst des trigonometrischen Mikrometers. — In der neueren Zeit wurde von Professor Welcker in Halle zur Messung solcher Objecte, welche einen sehr kleinen Durchmesser besitzen, statt der Messung mittelst des Schraubenmikrometers, eine Methode empfohlen, welche befriedigende Resultate liefert, ohne die Anwendung kostspieliger Vorrichtungen zu bedingen.

Als Mikrometer dient der Seite 241 u. f. beschriebene Apparat, der sich mit Leichtigkeit an jedem hinreichend soliden Stative anbringen lässt.

Die Messung geschieht dadurch, dass man den einen Rand des in der Richtung des excentrisch gespannten Mikrometerfadens gelegten Objectes mit dem diametralen Faden in Berührung bringt und das Ocular soweit dreht, bis der letztere mit dem gegenüberliegenden Rande zusammenfällt. Die auf der Scala abgelesenen Maasstheile, mit dem, für jedes Objectivsystem vorher in der früher angegebenen Weise bestimmten, unveränderlichen Quotienten multiplicirt geben die wahre Grösse des Gegenstandes an.

Soweit meine Erfahrungen reichen, leistet diese Messungsmethode in Bezug auf Genauigkeit keineswegs mehr, als die oben beschriebenen, mittelst der Camera lucida und des Glasmikrometers auszuführenden, die ihr an Schnelligkeit und Bequemlichkeit der Ausführung durchaus nicht nachstehen.

Auch ihr kleben mehrere, theilweise in der Construction des Mikrometers liegende Mängel an, welche auf die Resultate der Messung nicht ohne Einfluss bleiben und welche um so mehr hervortreten, als sie gerade nur für sehr kleine Gegenstände bestimmt ist, bei denen es auf einen ziemlich hohen Grad von Genauigkeit ankommt.

Zunächst ist es der Umstand, dass das Ocular selten so genau in das Mikroskoprohr passt, um auch das geringste Schlottern beim Umdrehen auszuschliessen, welcher die Anwendung dieses Messungsapparates etwas unverlässlich macht. Es wird dadurch nämlich einerseits die genaue Centrirung des Apparates unsicher, indem durch einen geringen Druck

der Drehpunkt mehr oder weniger zur Seite gerückt werden kann, andererseits ist es nicht möglich, eine feste und sichere Einstellung der Mikrometerfäden auf die Ränder des Bildes zu erzielen.

Ausserdem sind noch einige andere Fehlerquellen vorhanden, die man nicht ausser Acht lassen darf. Die eine liegt in der sonstig möglichen Excentricität des Drehpunktes, welche das Resultat der Messung insofern afficirt, als der ein- für allemal für ein bestimmtes Objectivsystem ermittelte Quotient mit einem, je nach der absoluten Grösse des zu messenden Gegenstandes veränderlichen Fehler behaftet erscheint. Am einfachsten umgeht man diesen Mangel, wenn man nicht, wie früher angegeben, die Entfernung des Drehpunktes von dem Kreuzungspunkt der Fäden misst, sondern wenn man statt dessen unmittelbar das Verhältniss zwischen dem auf der Scala von dem Zeiger und dem in dem Gesichtsfelde von dem Kreuzungspunkte der beiden Fäden durchlaufenen Wege bestimmt. Zu dem Ende legt man ein Glasmikrometer als Object unter das Mikroskop und sieht zu, wieviele Abtheilungen der Scala einer Abtheilung desselben entsprechen. Hat man z. B. ein in Hundertstel des Millimeters getheiltes Glasmikrometer benutzt und gefunden, dass für ein bestimmtes Objectivsystem 5 Scalentheile einem seiner Intervalle entsprechen, so findet man, bei dem einfachen geometrischen Verhältnisse, in welchem die beiden durchlaufenen Strecken stehen, leicht durch eine kleine Rechnung die einer bestimmten Anzahl abgelesener Scalentheile entsprechende wahre Grösse des zu messenden Gegenstandes. Ein für die verschiedenen Objectivsysteme angelegtes Täfelchen dient in ähnlicher Weise wie bei dem Ocular-Glasmikrometer für alle folgenden Messungen. Eine andere Fehlerquelle findet sich darin, dass man den einen Faden in der schiefen, durch die Drehung hervorgerufenen Stellung nicht mit so voller Sicherheit an den zweiten Rand des Objectes anlegen kann, als es für eine vollständig genaue Messung erforderlich ist, und dass der Kreuzungspunkt während der Drehung nicht eine gerade, die Tangente des Drehungswinkels darstellende Linie, sondern einen kleinen Bogen durchläuft. Dadurch wird das Verhältniss zwischen dem auf der Scala und dem in dem Gesichtsfelde durchlaufenen Wege natürlich etwas geändert. Für ganz kleine Objecte mag dieser letztere Einfluss auf die Messung allerdings wohl kaum in Anschlag zu bringen sein, er wird dieselbe aber in dem Maasse mehr beeinträchtigen, als die absolute Grösse des Objectes und die Vergrösserung des Mikroskopes steigen. Der dadurch hervorgerufene Fehler kann bei Gegenständen von über $^1/_{100}{}^{mm}$ und bei stärkeren Vergrösserungen leicht bis auf 1 und $1^1/_2$ Proc. und höher steigen. Er lässt sich aber auch umgehen, wenn man die im Vorhergehenden erwähnte Tabelle etwas erweitert. Man darf sich dann allerdings nicht mit der Messung einer einzigen Abtheilung des Objectmikrometers begnügen, sondern muss mehrere aufeinander folgende heranziehen, deren Verhältniss zu den Scalentheilen bestimmen und die zwischenfallenden Werthe interpoliren.

Messung mittelst des Bildmikroskopes und Doppeltsehens. — Unter den von Harting ausser den aufgeführten vorgeschlagenen Messungsmethoden ist die mittelst des Bildmikroskopes höchstens für einzelne Beobachter ausführbar, welche eben im Besitze eines solchen oder eines photographischen Mikroskopes sind, weshalb dieselbe hier, wo es sich nur um die allgemein ausführbaren Methoden handelt, füglich ganz übergangen werden kann.

Hieran schliesst sich die Messung mittelst des Doppeltsehens, wobei man das Bild mittelst des einen Auges im Gesichtsfelde erblickt, während es mittelst des anderen auf den Objecttisch projicirt, und dort gemessen wird.

Bei der Anwendung dieser Messungsmethode empfiehlt Harting folgende Vorsichtsmaassregeln zu beachten.

„1. Während des Messens muss die Augenachse ihre Richtung unveränderlich beibehalten, das Auge also ganz unbeweglich gehalten werden.

2. Um die Spitzen des zum Messen benutzten Zirkels immer in gleicher Entfernung vom Auge zu haben, muss das zusammengesetzte Mikroskop einen grossen Objecttisch haben, worauf die Spitzen des Zirkels ruhen können. Den zu kleinen Objecttisch, wie er bei vielen Mikroskopen vorkommt, kann man vergrössern, wenn man ein Stück ganz ebener Pappe zwischen den federnden Apparat bringt.

3. Auf die Fläche, wohin das Bild projicirt wird, legt man ein Stück Papier, welches so viel wie möglich die Farbe des Gesichtsfeldes hat. Dadurch wird die Illusion, als ob beide Augen den Zirkel und den zu messenden Gegenstand zu gleicher Zeit sähen, gar sehr gesteigert.

4. Man muss darauf bedacht sein, dass die Fläche, worauf die Messung vorgenommen wird, und das Auge immer gleichweit von einander entfernt sind. Die Glasplättchen, worauf die Objecte kommen, dürfen deshalb nicht ungleich dick sein, und das Nämliche gilt auch von dem auf dem Objecttische liegenden Papiere.“

Dass endlich bei Bestimmung der Vergrösserungen und bei den Messungen selbst alle die vorhin genannten allgemeinen Rücksichten zu nehmen sind, braucht nicht wiederholt zu werden.

Diese Methode ist allerdings höchst einfach, ganz allgemein, bei dem einfachen wie bei dem zusammengesetzten Mikroskope anwendbar, und verlangt unter allen Messungsmethoden am wenigsten Zeit zur Ausführung. Dennoch kann ich dieselbe nicht so hoch anschlagen, wie dies von Harting geschieht, der sich eben durch lange Uebung einen solchen ungewöhnlichen Grad von Fertigkeit im Doppeltsehen erworben hat, wie ihn nicht leicht ein Jeder sich anzueignen im Stande ist. Was die Sicherheit dieser Methode beeinträchtigt, ist namentlich der Umstand, dass das Auge während der ganzen Operation, also auch — wo dies nothwendig erscheint — während einer mehr oder minder grossen Anzahl einzelner Messungen nicht nur ganz unbeweglich in der Achsenrichtung, sondern

auch in derselben Entfernung von der Projectionsebene gehalten werden muss, was mit grosser Schwierigkeit verbunden ist und nur selten hinreichend gelingen wird. Ausserdem kommen noch so mancherlei Dinge hinzu, wie gleiche Farbe und Helligkeit von Gesichtsfeld und Projectionsebene u. s. w., welche auf das Sorgfältigste beobachtet sein wollen, wenn man sich nicht entschiedenen Fehlern aussetzen will, dass man im Allgemeinen nur auf einen mässigen Grad von Genauigkeit zu rechnen haben wird. Die von Harting erzielten Resultate bei seinen Probemessungen, an deren Richtigkeit nicht zu zweifeln ist, stellen diese Methode in die erste Reihe, indem nach derselben der wahrscheinliche Fehler bei einem $0{,}05^{mm}$ messenden Objecte $^1/_{625}$, bei einem solchen von $0{,}01^{mm}$ $^1/_{345}$, von $0{,}0063^{mm}$ circa $^1/_{160}$ betrug. Sie würde sonach alle übrigen Messungsmethoden mit Ausnahme derjenigen mittelst des Ocular-Schraubenmikrometers übertreffen. Wie aus dem oben Gesagten hervorgeht, dürfen aber diese Resultate nicht als solche angesehen werden, welche allgemeine Giltigkeit beanspruchen können, indem dieselben rein von der persönlichen Fertigkeit abhängen, die sich allgemein durchaus nicht in der Vollkommenheit erreichen lässt, wie dies Harting als sicher annimmt.

NEUNTER ABSCHNITT.

DIE ANWENDUNG DES POLARISIRTEN LICHTES BEI DER MIKROSKOPISCHEN BEOBACHTUNG.

Im siebenten Abschnitte habe ich bereits der Anwendung des polarisirten Lichtes als eines wichtigen Hilfsmittels der mikroskopischen Beobachtung kurz gedacht. Die nachfolgenden Blätter sind einer eingehenderen Darstellung derselben gewidmet.

Brewster wendete schon im Jahre 1816 diese Beobachtungsweise auf organische Körper an; aber erst nachdem Talbot im Jahre 1835 das zusammengesetzte Mikroskop mit einem polarisirenden Apparate verbunden hatte, wurde dieselbe für die organische Gewebelehre fruchtbarer. Seit dieser Zeit haben sich denn auch einzelne Forscher eingehender mit der Untersuchung thierischer sowohl als pflanzlicher Gewebe unter Anwendung dieser Beleuchtungsweise beschäftigt; allein erst in der neuesten Zeit ist deren Wichtigkeit vollkommen erkannt worden.

Die Vortheile, welche die Beleuchtung mittelst polarisirten Lichtes für das Studium der organischen Gewebe und Elementarorgane gewährt, bestehen vorzugsweise darin, dass unter dessen Einfluss Unterschiede in der physikalischen und chemischen Beschaffenheit der letzteren und damit feinere Structurverhältnisse zur Anschauung kommen, welche wir mittelst anderer Hilfsmittel der Untersuchung entweder gar nicht oder in weit unvollkommnerem Grade auszumitteln im Stande sein würden.

Einerseits darf ich mich einer umfassenderen Behandlung dieser Untersuchungsmethode, welche in manchen Schriften über das Mikroskop in auffallender Weise vernachlässigt worden ist, nicht entziehen; auf der anderen Seite gebietet mir aber die Rücksicht auf die Ausdehnung dieser Schrift eine gewisse Beschränkung. Ich werde daher in dem eigentlich physikalischen Theile dieses Abschnittes eine vollständige Ausfüh-

rung nicht erstreben können, sondern mich mehr auf die zum Verständnisse des Gegenstandes unbedingt nothwendigen Auseinandersetzungen beschränken und für ein eingehenderes Studium auf die umfassenderen Werke, die sich speciell mit demselben befassen, verweisen müssen. Zu diesen gehören namentlich: „Die Untersuchung der Pflanzen- und Thiergewebe in polarisirtem Lichte“ von G. Valentin, Leipzig 1861, und der an mathematischen Formeln reiche Aufsatz von C. Nägeli: „Die Anwendung des Polarisationsmikroskopes etc.“, in dessen Beiträgen zur Botanik 3. Heft. Leipzig 1863.

I. Physikalische Grundbegriffe.

1. Arten des polarisirten Lichtes.

Gewöhnliches Licht besitzt bekanntlich die Eigenschaft, dass die von ihm in Bewegung gesetzten Aethertheilchen in zur Fortpflanzungsrichtung der Strahlen senkrechten Ebenen, sonst aber nach allen Richtungen schwingen. Unter gewissen Umständen verliert sich indessen diese Eigenschaft und es zeigt die Schwingungsrichtung eine gewisse Beständigkeit. Einen derartig veränderten Lichtstrahl nennt man polarisirt und zwar kann derselbe geradlinig, kreisförmig oder elliptisch polarisirt sein.

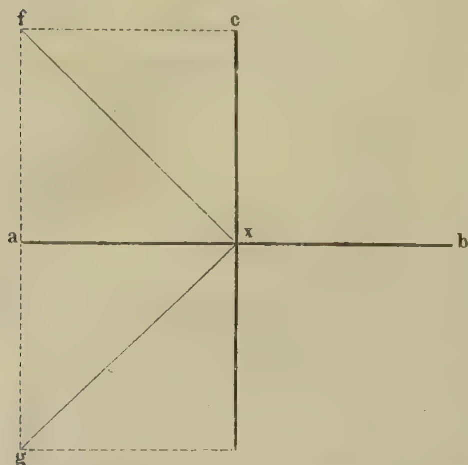
Geradlinig polarisirtes Licht. — Erfolgen die Schwingungen unter sich parallel, also in derselben Ebene, so heisst das Licht geradlinig polarisirt und die auf der Schwingungsebene senkrechte Ebene wird Polarisationsebene genannt.

Fallen die Polarisationsebenen zweier gleichfarbiger Lichtstrahlen zusammen und es treffen diese ein Aethertheilchen zur Zeit, wo sie sich in gleichen Schwingungsphasen befinden, so summiren sich deren Schwingungsweiten. Ist dagegen der eine Strahl dem anderen um eine halbe oder um das Vielfache einer halben Wellenlänge voraus, so wirken beide einander entgegen. Es wird die grösste Ausweichung gleich dem Unterschiede der beiden Schwingungsweiten, wenn diese letzteren verschieden sind, sie sinkt dagegen auf 0 herab und die Bewegung wird aufgehoben, wenn dieselben gleiche Grösse haben.

Stehen die Polarisationsebenen zweier gleichfarbigen Strahlen senkrecht auf einander, so nennt man die letzteren entgegengesetzt oder rechtwinklig polarisirt und es können sich dieselben niemals ganz aufheben. Je nach dem Gangunterschiede der zusammentreffenden Lichtstrahlen können wir aber linear, kreisförmig oder elliptisch polarisirtes Licht erhalten.

Ist nämlich der Gangunterschied zweier rechwinklig polarisirten Strahlen gleich 0, oder beträgt er das gerade oder ungerade Vielfache einer halben Wellenlänge, so wird das von jenem zugleich getroffene Aethertheilchen in einer Richtung fortgeführt, welche der Diagonale eines Parallelogrammes entspricht, dessen Seiten dem Maasse der Schwingungsintensität der beiden Wellensysteme gleich sind. Der einzige Unterschied, welcher sich hier geltend macht, besteht darin, dass im letzteren Falle die durch beide Wellensysteme hervorgerufene Schwingungsrichtung gegen die vorhergehende um 90^0 gedreht erscheint.

Fig. 240.



Bezeichnen z. B. ab und cd (Fig. 240) die Schwingungsrichtungen und Intensitäten der beiden Wellensysteme, so wird im ersteren Falle das Aethertheilchen x aus seiner Gleichgewichtslage in der Richtung xf, im anderen Falle aber, in welchem das eine Wellensystem nach a hin, das andere nach d hin schwingt, in der Richtung xg fortgeführt.

Kreisförmig polarisirtes Licht. — Beträgt der Gangunterschied zweier gleich und rechtwinklig polarisirter Strahlen dagegen mehr oder weniger als eine halbe oder ein Vielfaches einer halben Wellenlänge, so wird die Bewegung des von den beiden Wellensystemen getroffenen Aethertheilchens nicht mehr eine geradlinige, das Licht ist nicht mehr linear polarisirt. Die durchlaufene Bahn stellt dann eine Spirale vor und die einzelnen vollen Windungen derselben bilden entweder Kreise oder Ellipsen. Einen Kreis bilden dieselben, wenn der Gangunterschied ein Viertel oder drei Viertel einer Wellenlänge beträgt, und es heisst das Licht im ersteren Falle rechts, im anderen links kreisförmig oder circular polarisirt. Eine elliptische Gestalt nehmen die Windungen an, wenn der Gangunterschied einen anderen Bruchtheil der ganzen Wellenlänge als bei linear und kreisförmig polarisirtem Lichte beträgt, und es wird dann das letztere elliptisch polarisirt genannt.

Die Bahn, welche von den Aethertheilchen kreisförmig polarisirten Lichtes durchlaufen wird, lässt sich leicht durch eine Construction versinnlichen, welche nach den Gesetzen der schwingenden Bewegungen ausgeführt ist. Wird z. B. das Aethertheilchen a (Fig. 241) durch das eine Wellensystem in der Richtung bc, durch das andere in der Richtung ad in Schwingungen versetzt und ist das zweite Wellensystem gegen das erste um eine viertel Wellenlänge zurück, so hat jenes vermöge der

Wirkung des ersten Systemes schon seine volle Schwingungsintensität erlangt, wenn das zweite seine Wirkung zu äussern beginnt. Theilt man die Schwingungsdauer, welche graphisch durch einen Kreisumfang dargestellt wird, in 8 gleiche Theile, so würde das Aethertheilchen *a* vermöge der ihm durch das erste Wellensystem mitgetheilten Bewegung nach Ablauf des ersten Zeittheilchens von *a* nach *f* geführt worden sein, wogegen es durch die Einwirkung des zweiten Wellensystemes in *h* angelangt wäre, es befindet sich sonach in dem Punkte *m*. In dem zweiten Zeittheilchen würde es einestheils nach *c*, anderntheils nach *k* geführt worden sein, befindet sich also in *n*. In dem dritten Zeitintervall würde das Aethertheilchen durch das eine Wellensystem von *c* nach *f*, durch das andere von *k* nach *l* geführt werden und muss sich sonach in *o* befinden; auf gleiche Weise ist ersichtlich, dass dasselbe sich nach dem dritten, vierten, fünften, sechsten, siebenten, achten Zeittheilchen nacheinander in den Punkten *d*, *p*, *q*, *r*, *a* befinden muss. Es hat das Aethertheilchen *a* somit während der vollen Schwingungsdauer den ganzen Umfang eines Kreises durchlaufen. Zeichnet man ausserdem die Bahn von je 9 aufeinanderfolgenden, gleichweit von einander entfernten Aethertheilchen eines in der Richtung *xy* (Fig. 242) fortschreitenden, kreisförmig polarisirten Lichtstrahles, von denen die beiden äussersten um eine Wellenlänge von einander abstehen, so ist ersichtlich, dass die Aethertheilchen II, III, IV u. s. w., während I die ganze Bahn durchlaufen hat und I″ erst seine Bewegung beginnt, nach einander in den Punkten 7, 6, 5, 4, 3, 2, 1 angelangt sind und somit auf einer, in der Projection kreisrunden, schraubenförmigen Bahn Stellung genommen haben.

Fig. 241.

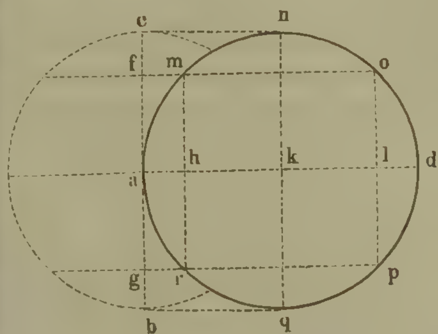
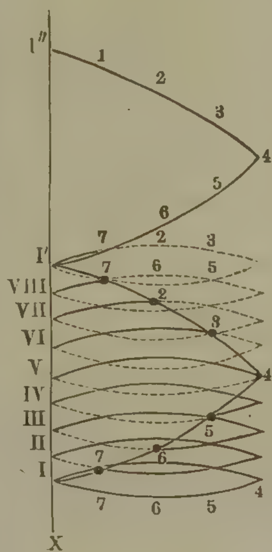


Fig. 242.



In ähnlicher Weise lässt sich die Bahn der Aethertheilchen elliptisch polarisirten Lichtes durch Zeichnung darstellen.

Eine Mischung von polarisirten und nicht polarisirten Lichtstrahlen führt auf gemischt polarisirtes Licht.

2. Polarisationsmittel.

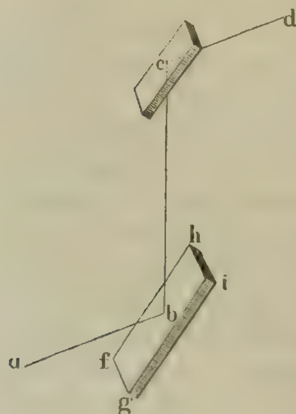
Die Bedingungen, unter denen gewöhnliches Licht in polarisirtes übergeführt wird, sind verschiedene, und demgemäss gestalten sich auch die Mittel zur Darstellung desselben für unsere Polarisationsinstrumente verschieden.

Polarisation durch Spiegelung.

Lässt man gewöhnliche Lichtstrahlen unter einem Winkel von 35° 25′ auf eine ebene, durchsichtige Glastafel *fghi* (Fig. 243) auffallen, so werden dieselben zum grössten Theile nach den bekannten Gesetzen zurückgeworfen. Der kleinere Theil dagegen wird durchgelassen, abgelenkt und schwingt in einer Ebene, welche nach den Untersuchungen Brewster's auf der Schwingungsebene der gespiegelten Strahlen senkrecht ist.

Die zurückgeworfenen Strahlen sind nach der Spiegelung polarisirt, d. h. sie schwingen jetzt nur in einer einzigen zur Einfallsebene senkrechten Ebene. Zum Nachweise dieser Polarisation dient eine zweite, an der hinteren Fläche geschwärzte Glastafel *klmn*, welche parallel zu der ersteren gerichtet ist und im Kreise gedreht werden kann. Bei der parallelen Stellung beider Glastafeln trifft der gespiegelte Strahl die zweite gleichfalls unter einem Winkel von 35° 25′, und es fallen die Reflexionsebenen beider zusammen, so dass der von der unteren Tafel kommende polarisirte Lichtstrahl, gleich einem gewöhnlichen, von der oberen zurückgeworfen wird. Dreht man aber die obere Glastafel aus dem Parallelismus, so fallen die beiden Reflexionsebenen nicht mehr zusammen, es vermindert sich die Lichtstärke der wiederholt gespiegelten Strahlen in dem Maasse, als die Drehung fortschreitet, bis sie bei 90° gleich Null wird. Die polarisirten Lichtstrahlen werden jetzt von der zweiten Glastafel, deren Reflexionsebene auf jener der ersten senkrecht steht, nicht mehr zurückgeworfen. Dreht man weiter bis zu 180°, also bis zu erneutem Parallelismus der Tafeln und zum Zusammenfallen der Reflexionsebenen, so steigt die Intensität des zurückgeworfenen Lichtes zwischen 90° bis zu 180°, um bei weiterer Drehung bis zu 270° abzunehmen und endlich dem dunklen Gesichtsfelde Platz zu machen.

Fig. 243.



Dieses Mittel der Polarisation hat bei dem Biot'schen und Nörremberg'schen sogenannten einfachen Polarisationsapparat Anwendung

gefunden, welche uns hier nicht weiter interessiren. Ausserdem wird dasselbe bei der älteren Construction des Nörremberg'schen Polarisationsmikroskopes und dem Wild'schen allgemeinen Polarisationsapparate benutzt, ist bei ersterem aber in neuester Zeit wieder aufgegeben worden.

Polarisation durch einfache Brechung.

Untersucht man den bei dem oben beschriebenen Grundversuche durch die Glastafel hindurchgegangenen und von seiner Richtung abgelenkten Theil der auf die Glastafel getroffenen Lichtstrahlen näher, so findet man, dass dieselben ebenfalls aber sehr schwach in der Art polarisirt sind, dass ihre Polarisationsebene senkrecht auf jener der gespiegelten Strahlen steht. Lässt man diese Lichtstrahlen dagegen durch einen Satz von 8 bis 10 und mehr parallelen Glastafeln gehen, so wird deren Polarisation eine ebenso vollständige wie jene der gespiegelten Strahlen. Wir haben hier Polarisation durch einfache Brechung. Ein derartig hergerichteter Plattensatz kann zweckmässig statt des oberen Spiegels bei dem Nörremberg'schen Polarisationsapparate benutzt werden. Auch für den Polarisationsapparat am zusammengesetzten Mikroskope sind solche Plattensätze aus 25 bis 30 dünnen Deckplättchen in neuester Zeit von Reinicke empfohlen worden (Beiträge zur neueren Mikroskopie, Heft 3). Ich selbst habe einen derartigen Apparat nicht versucht, kann also über dessen Wirkung nicht urtheilen. Reinicke lobt dieselbe jedoch und es dürfte sich jedenfalls der Mühe lohnen, dass, schon mit Rücksicht auf die Wohlfeilheit, von Seiten unserer Optiker ein Versuch damit gemacht würde.

Polarisation durch doppelte Brechung.

Als ein drittes Mittel zur Erzeugung polarisirten Lichtes, namentlich für die Beobachtung mittelst des zusammengesetzten Mikroskopes, worauf wir hier zunächst Rücksicht zu nehmen haben, dient die Doppelbrechung der den irregulären Krystallsystemen angehörenden Krystalle, namentlich des Kalkspathes, welcher in dem hexagonalen Systeme krystallisirt.

Allgemeine Gesetze der Doppelbrechung. — Während in den amorphen Körpern die Elasticität des die Schwingungen der Lichtstrahlen fortpflanzenden Aethers nach allen Seiten gleich erscheint, so dass sich die letzteren nach allen Radien einer Kugeloberfläche mit gleicher Geschwindigkeit fortpflanzen und unter demselben Winkel gebrochen werden, zeigen die, den oben genannten Krystallsystemen angehörenden Mineralien das eigenthümliche Verhalten, dass in verschiedenen aufeinander senkrechten Richtungen die Elasticitäten des Aethers und somit die Fortpflanzungsgeschwindigkeiten und Brechungsverhältnisse des durchgehen-

den Lichtes verschiedene sind. Dieses Verhalten gibt sich dadurch kund, dass ein in einen derartigen Krystall eindringender Lichtstrahl in zwei Strahlen gespalten wird, welche von ihrer ursprünglichen Richtung verschieden abgelenkt werden, d. h. von denen der eine stärker, der andere schwächer gebrochen erscheint. Man hat diese Erscheinung, welche von Erasmus Bertholin zuerst in dem isländischen Kalkspathe entdeckt wurde, mit dem Namen der Doppelbrechung bezeichnet.

Die Doppelbrechung findet indessen nicht nach allen Richtungen eines Krystalles statt. Bei den Krystallen aus dem quadratischen und hexagonalen Systeme gibt es immer eine Richtung, in welcher die einfallenden Lichtstrahlen auf gleiche Elasticität des Aethers treffen, so dass sie den Krystall durchlaufen, ohne eine doppelte Brechung zu erleiden. Diese Richtung, welche mit der Hauptachse des Krystalles zusammentrifft, wird die optische Achse genannt und die betreffenden Krystalle heissen optisch einachsig. Eine durch die optische Achse gelegte Ebene heisst der Hauptschnitt, während man die auf diesem senkrechte Schnittebene als zweite ausgezeichnete Ebene bezeichnet. Diejenigen Krystalle hingegen, welche dem rhombischen, schief rhombischen und schief rhomboidischen Krystallsysteme angehören, besitzen zwei Richtungen, nach denen die einfallenden Lichtstrahlen nicht doppelt gebrochen werden. Die hierher gehörigen Krystalle werden daher optisch zweiachsig genannt.

Die beiden ungleich abgelenkten Strahlen zeigen in verschiedenen doppelt brechenden Körpern ein verschiedenes Verhalten gegeneinander, welches für die Charakterisirung der letzteren von Wichtigkeit wird.

Betrachtet man nämlich die mittelst eines aus einem einachsigen Krystalle, etwa aus Kalkspath, verfertigten Prismas hervorgerufenen beiden Bilder eines leuchtenden Punktes, so gewahrt man, dass deren Abstand nicht allein von dem brechenden Winkel des Prismas, sondern auch von der Richtung abhängig ist, in welcher die Lichtstrahlen das Prisma durchlaufen. Sind die brechenden Kanten des letzteren der optischen Achse parallel, so dass die beiden Strahlen dasselbe in einer zu der Hauptachse rechtwinkligen Richtung durchlaufen, so bleibt die Entfernung der Bilder dieselbe, was auf ein constantes Verhältniss zwischen den Brechungsexponenten hindeutet. Erhalten dagegen die brechenden Kanten des Prismas eine andere Lage gegen die optische Achse, so ändert sich der Abstand der beiden Bilder, je nachdem die Richtung wechselt, in welcher die Lichtstrahlen das Prisma durchlaufen. Es muss nunmehr eine Aenderung in dem Brechungsverhältnisse der beiden Strahlen eingetreten sein.

Prüft man für beide Fälle mittelst der bekannten optischen Hilfsmittel näher, so stellt sich heraus, dass der Brechungsexponent des einen der beiden Theilstrahlen unter allen Verhältnissen dem Snellius'schen Brechungsgesetze entspricht; er wird der ordentlich gebrochene oder ordinäre Strahl genannt. Der andere Theilstrahl ändert seinen Bre-

chungsexponenten je nach der Neigung der brechenden Kante des Prismas gegen die optische Achse. Es weicht derselbe von jenem des ordentlich gebrochenen Strahles dann am meisten ab. wenn brechende Kante und optische Achse einander parallel sind, und es vermindert sich diese Differenz in dem Verhältnisse, als sich die Richtung der Strahlen jener der letzteren nähert, bis sie, wenn die Richtungen beider zusammenfallen, d. h. wenn die brechende Kante senkrecht auf der optischen Achse steht, gleich Null wird. Der zweite Theilstrahl wird aus diesem Grunde der ausserordentlich gebrochene oder extraordinäre Strahl genannt.

Mit dem Brechungsverhältnisse der beiden Strahlen steht deren Fortpflanzungsgeschwindigkeit im engsten Zusammenhang. Der am stärksten abgelenkte Strahl besitzt die geringste, der am mindesten abgelenkte die grösste Fortpflanzungsgeschwindigkeit. Da nun das Brechungsverhältniss des ordentlich gebrochenen Strahles sich unter allen Verhältnissen gleich bleibt, so wird dessen Fortpflanzungsgeschwindigkeit graphisch als Radius eines durch die optische Achse gelegten Kreises darstellbar sein, während jene des ausserordentlichen Strahles mit zwischen bestimmten Grenzen veränderlichem Brechungsverhältniss sich durch den der jeweiligen Richtung des ersteren gleich geneigten Fahrstrich einer durch die optische Achse gelegten Ellipse darstellen lässt. Die Umdrehung des Kreises liefert eine Kugel, jene der Ellipse ein Ellipsoid, deren Oberflächen diejenigen Flächen bezeichnen, in denen die beiden von einem leuchtenden Punkte ausgegangenen, verschieden gebrochenen Lichtstrahlen zu gleicher Zeit angelangt sind und daher Wellenoberflächen genannt werden.

Bei jenen Krystallen, deren ausserordentlicher Strahl der stärker gebrochene, also der mit der geringeren Geschwindigkeit sich fortpflanzende ist, schliesst die Oberfläche der Kugel jene des Ellipsoides ein (Fig. 244), der Brechungsexponent jenes Strahles sinkt von seinem Maximum, die Fortpflanzungsgeschwindigkeit steigt von ihrem Minimum mc bis zu jenen des

Fig. 244.

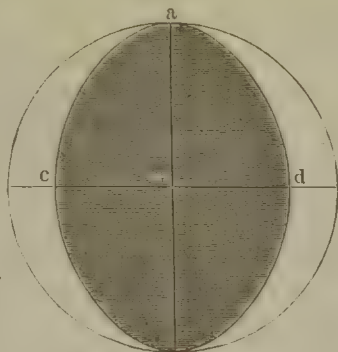
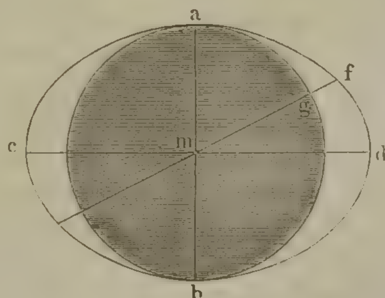


Fig. 245.



ordentlichen Strahles ma; die betreffenden Körper heissen positiv einachsig. Die Oberfläche der Kugel wird dagegen von jener des Ellipsoides überall da eingeschlossen (Fig. 245), wo der ordentliche Strahl der stärker gebrochene ist und der Brechungsexponent des ausserordentlichen

Strahles von seinem geringsten Werthe aus steigt, die Fortpflanzungsgeschwindigkeit von ihrem Maximum mc aus sinkt, bis sie jenen des ersteren, ma, gleich kommen. Die hierher gehörigen Körper werden als negativ einachsig bezeichnet. Beziehen wir die optischen Achsen auf die in zwei aufeinander senkrechten Richtungen verschiedenen Aetherelasticitäten, so leuchtet ein, dass in den positiven Körpern die optische Achse mit der Achse der grössten Elasticität, in der negativen mit jener der kleinsten Elasticität zusammenfällt.

Die Brechungsverhältnisse der optisch zweiachsigen Körper zeigen die eben geschilderten einfachen Beziehungen nicht. Bei ihnen ist keiner der beiden Theilstrahlen ein ordentlich gebrochener, d. h. es durchläuft keiner derselben den betreffenden Krystall mit stets gleicher Geschwindigkeit, indem er dem Gesetze der gewöhnlichen Brechung folgt. Man beobachtet hier drei aufeinander senkrechte Richtungen ab, cd und

Fig. 246.

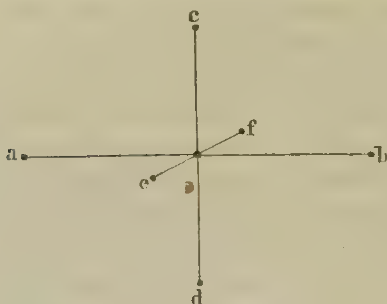
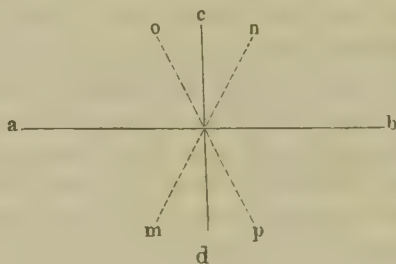


Fig. 247.



ef (Fig. 246), in denen die Fortpflanzungsgeschwindigkeit von einem bestimmten Punkte ausgehender Strahlen, also auch die damit in Beziehung stehende Elasticität des Aethers eine verschiedene ist. Die diesen Richtungen entsprechenden Linien haben daher auch den Namen Elasticitätsachsen, und eine Ebene, welche durch je zwei derselben bestimmt wird, den Namen Hauptschnitt eines zweiachsigen Krystalles erhalten.

Die optischen Achsen mn und op (Fig. 247), welche in ihrer Neigung gegeneinander von 0^0 bis 90^0 wechseln können, liegen immer symmetrisch in derjenigen Ebene, welche die Richtungen der grössten (ab) und kleinsten (cd) Fortpflanzungsgeschwindigkeit, also die Achsen der grössten und kleinsten Aetherelasticität enthält und es halbiren diese den spitzen sowohl als den stumpfen Winkel, welche die ersteren miteinander bilden. Diejenige Elasticitätsachse, welche den spitzen Winkel halbirt, heisst die Mittellinie des zweiachsigen Krystalles, und dieser selbst wird positiv genannt, wenn die Mittellinie der Richtung der kleinsten, negativ, wenn sie der Richtung der grössten Fortpflanzungsgeschwindigkeit oder Aetherelasticität entspricht.

Polarisation durch Doppelbrechung. — Untersucht man mittelst einer parallel zur Achse geschnittenen Turmalinplatte die beiden Theil-

strahlen, in welche ein Lichtstrahl bei seinem Durchgange durch einen doppelt brechenden Krystall gespalten wird, so findet man, dass dieselben vollständig und rechtwinklig zueinander polarisirt sind. Die Schwingungen des ordentlichen Strahles verlaufen in einer zu dem Hauptschnitte senkrechten Ebene, während jene der ausserordentlichen Strahlen in dem Hauptschnitt selbst stattfinden.

Polarisirende Prismen. — Prismen aus doppelt brechenden Krystallen, namentlich aus dem leicht zu behandelnden isländischen Kalkspath, lassen sich auf Grund der eben beschriebenen Eigenschaften der beiden Theilstrahlen statt der früher erwähnten Mittel als polarisirende Apparate benutzen. Bei dem gewöhnlichen Polarisationsapparate dienen sie zweckmässig als Analysatoren, während sie bei dem Polarisationsmikroskope als Polarisator und Analysator gebraucht werden.

Benutzt man ein doppelt brechendes Prisma als Analysator, so erhält man zwei entgegengesetzt polarisirte Bilder, welche während der Umdrehung des ersteren um seine senkrechte Achse abwechselnd hell und dunkel erscheinen, und zwar in der Art, dass wenn das eine an Helligkeit zu-, das andere abnimmt, und dass, wenn das eine den höchsten Grad der Helligkeit erreicht hat, das andere vollständig dunkel erscheint, was jedesmal eintritt, sobald die Polarisationsebenen des Polarisators und Analysators einen Winkel von 90° bilden. Gleiche Helligkeit beider Bilder wird dann beobachtet, wenn die beiden Polarisationsebenen unter einem Winkel von 45° gegeneinander geneigt sind.

Da nun bei dem Vorhandensein von zwei Bildern mancherlei störende Anschauungen während der Beobachtung mit unterlaufen, so muss man Sorge tragen, eines dieser Bilder, d. h. die dasselbe hervorbringenden Strahlen zu entfernen.

Fig. 248.

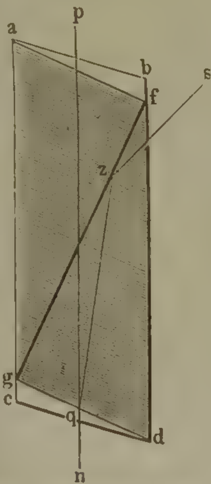
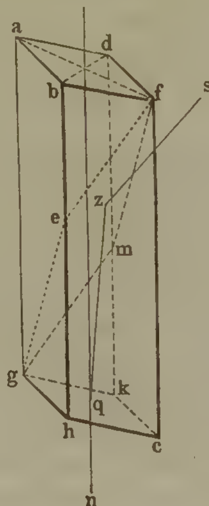


Fig. 249.



Nicol hat in sinnreicher Weise gelehrt, die Gesetze der gänzlichen Zurückwerfung für den Canadabalsam und Kalkspath zu benutzen, um den ordentlichen Strahl zu entfernen und nur dem ausserordentlichen den Durchgang durch das Prisma zu gestatten. Zu diesem Zwecke werden die Endflächen eines etwas in die Länge gestreckten, Fig. 248 im Durchschnitt gezeichneten Kalkspathrhomboëders *abcd*, welche mit den scharfen Seitenkanten einen Winkel von nahezu 71° bilden, derart abgeschliffen, dass sie mit den-

selben nur noch einen Winkel von 68° bilden, und dass die beiden neuen Flächen *af* und *dg* senkrecht auf der optischen Achse stehen. Hierauf nimmt man die eine Hälfte des Prismas derart weg, dass die entstehende Fläche *fg* parallel der optischen Achse ist. Nachdem von einem zweiten gleich behandelten Rhomboëder die entgegengesetzte Hälfte in gleicher Weise hinweggenommen ist, kittet man diese beiden symmetrischen Hälften mittelst Canadabalsams zusammen und erhält ein Prisma (Fig. 249 s. v. S.) mit vier ebenen senkrechten Seitenflächen, welche aussen geschwärzt werden, und mit zwei geneigten rhombischen Endflächen, deren Diagonalen *af* und *cg* den durch dieselben Buchstaben bezeichneten Richtungen in der Fig. 248 entsprechen. Die Ebene *acfg* beider Figuren entspricht dem Hauptschnitte der Kalkspathrhomboëder und die Trennungsfläche *fglm* steht senkrecht auf demselben. Von den Diagonalen der Endflächen heisst *af*, welche den höchsten und tiefsten Punkt derselben verbindet, die kürzere, *bd*, welche durch die gleich hoch gelegenen Endpunkte geht, die längere, und aus dem Obigen geht hervor, dass diese letztere zugleich die Polarisationsebene des Prismas bestimmt.

Fällt nun ein Strahl gewöhnlichen Lichtes *nq* auf die untere Endfläche des so hergestellten Prismas (Fig. 249), so wird er vermöge der Doppelbrechung in zwei Strahlen gespalten. Der ordentliche Strahl geht in der Richtung *nr*, der ausserordentliche in der Richtung *nqp* dahin. Ersterer trifft die dünne Schicht des Canadabalsams in einem solchen Winkel, dass er eine vollständige Zurückwerfung nach *rs* erleidet und an der geschwärzten Seitenfläche verschluckt wird. Der ausserordentliche Strahl dagegen geht durch das Prisma hindurch und tritt an der oberen Endfläche parallel mit seiner ursprünglichen Richtung aus, indem er senkrecht auf den Hauptschnitt des Prismas polarisirt erscheint.

Verbindet man ein derartiges „Nicol'sches" Prisma als Zerleger mit einem Polarisator irgend einer Art, bei dem zusammengesetzten Mikroskope mit einem zweiten Nicol, so erblickt man durch dasselbe nur ein einziges Bild. Dasselbe erscheint hell, wenn die Polarisationsebenen des Polarisators und Zerlegers parallel sind, halbhell, wenn sie einen Winkel von 45°, und dunkel, wenn sie einen rechten Winkel miteinander bilden.

Da schon aus theoretischen Gründen jeder der beiden Theilstrahlen, in welchen ein gewöhnlicher Lichtstrahl durch die doppelte Brechung gespalten wird, nur die halbe Lichtstärke besitzt und diese in dem oberen Prisma noch einmal eine Theilung erleidet, da ausserdem durch Spiegelung u. s. w. eine gewisse Menge Lichtes verloren geht, so darf man, wenn zwei Nicol'sche Prismen als Polarisationsapparat benutzt werden, immer nur auf weniger als $^1/_4$ derjenigen Lichtstärke rechnen, welche bei der gewöhnlichen mikroskopischen Beobachtung zu Gebote steht.

Um diesem Lichtverluste entgegen zu wirken, bringt man in neuerer Zeit nach dem Vorschlage H. v. Mohl's eine lichtconcentrirende Linse über dem polarisirenden Prisma an, welche auch durch ein Linsensystem

ersetzt werden kann, ohne dass indessen mit diesem Tausche ein besonderer Vortheil erreicht würde.

3. Doppelbrechung in amorphen Körpern.

Haben wir in dem Voranstehenden, wo es galt, die Doppelbrechung als Polarisationsmittel verständlich zu machen und deren Gesetze im Allgemeinen zu erläutern, uns nur auf die Krystalle bezogen, so ist mit ihnen doch das Gebiet der doppelt brechenden Körper nicht erschöpft. Lässt sich schon aus dem optischen Verhalten der Krystalle der Schluss ziehen, dass es vorzugsweise die Anordnung und die Beschaffenheit der kleinsten Theilchen der Materie seien, welche eben jenes bedingen, so geht dieses noch um so überzeugender daraus hervor, dass auch sonst einfach brechende Körper durch sogenannte Spannung, d. h. durch Aufhebung des inneren Gleichgewichtszustandes der Materie in doppelt brechende übergeführt werden können. Zu dieser letzteren Classe von Körpern gehören offenbar die meisten der für den Mikroskopiker wichtigsten organischen Objecte, in denen eine doppelte Brechung beobachtet wird.

Gehen wir auf die Ursachen zurück, welche solche Gleichgewichtsstörungen der Materie, oder nach dem gangbaren Ausdrucke Spannungen hervorrufen können, so sind es, soweit bis jetzt bekannt, vorzugsweise der Druck, die Wärme und die Verdunstung. Einseitig oder vielseitig ausgeübter, aber vermöge innerer Structurverhältnisse der betreffenden Körper in verschiedenen Richtungen ungleich wirkender Druck kann z. B. Glas, welches ursprünglich einfach bricht, in einen doppelt brechenden Körper umwandeln. Es können sogar je nach der Wirkungsweise des Druckes dieselben Körper bald positiv, bald negativ erscheinen. So verhält sich z. B. eine von aussen gedrückte Hohlkugel negativ, eine von innen gedrückte positiv. Einseitig erwärmte Gläser werden doppelt brechend und behalten diese Eigenschaft bleibend, wenn durch eine rasche einseitige Rückkehr zu der früheren Temperatur bleibende Spannungen in denselben hervorgerufen werden. Gleichmässige Erwärmung führt in nach verschiedenen Richtungen hin sich ungleichmässig ausdehnenden Körpern zu ähnlichen Erscheinungen. Von aussen erwärmte oder abgekühlte Hohlkugeln aus Glas, bei denen noch nicht alle Schichten eine gleichmässige Temperatur angenommen haben, werden erstere positiv, letztere negativ doppelt brechend. In ähnlicher Weise wie Druck und Erwärmung kann die Verdunstung wirken, indem die hierdurch aus dem Innern der Körper entführten Flüssigkeitstheilchen Veränderungen in der Gleichgewichtslage der Materie hervorrufen. Bei den Polarisationserscheinungen der organischen Körper, welche in dem speciellen Theile zu behandeln sind, werden wir Gelegenheit haben, auf diese Verhältnisse eingehender zurückzukommen.

4. Einfluss doppelt brechender Körper auf bereits polarisirtes Licht.

Wie ein doppelt brechender Körper das Licht in bestimmten Richtungen zu polarisiren vermag, so kann er auch — und dies ist die für uns wichtigere Seite seines Verhaltens — bereits polarisirtes, d. h. in einer Ebene schwingendes Licht so verändern, dass es bei gewissen Stellungen der Polarisationsebene zu seiner optischen Achse wiederum in einer oder zwei anderen Ebenen schwingt. Ein Lichtstrahl, der bei gekreuzter Stellung der Polarisationsebenen des Polarisators und Analysators von dem oberen Spiegel nicht mehr zurückgeworfen wird, kann durch das Dazwischentreten eines doppelt brechenden Krystalles so verändert werden, dass er wieder nach einer oder zwei Richtungen gespiegelt erscheint. Um sich diesen Einfluss eines doppelt brechenden Körpers vor Augen zu bringen, braucht man nur zwischen Polarisator und Zerleger ein sehr dünnes Gypsblättchen einzuschalten, während deren Polarisationsebenen einen rechten Winkel miteinander bilden. Man wird dann finden, dass das von dem Polarisator ausgehende Licht von dem oberen Spiegel wieder vollkommen zurückgeworfen wird, sobald der Hauptschnitt des Minerales mit den Polarisationsebenen einen Winkel von 45° macht.

Die Erscheinungen, welche durch diesen Einfluss der doppelt brechenden Körper hervorgerufen werden, sind mannichfacher Art. Für uns haben indessen nur wenige eine besondere Wichtigkeit, deren Betrachtung wir uns nicht entziehen dürfen. Dieselben beziehen sich auf die Wirkung, welche ein einzelner oder mehrere doppelt brechende Körper ausüben, wenn sie, während diese sich in gekreuzter Stellung befinden, zwischen Polarisator und Analysator eingeschaltet und mittelst weissen, bei der mikroskopischen Beobachtung allein in Betracht kommenden Lichtes beobachtet werden.

Verhalten eines einzelnen doppelt brechenden, parallel zur Achsenebene geschliffenen Krystallplättchens.

Schaltet man ein einzelnes, aus einem doppelt brechenden Krystalle, z. B. aus Gyps geschliffenes dünnes Plättchen, dessen Flächen der Ebene parallel sind, welche seine optische Achse enthält, zwischen die beiden Nicols ein, so beobachtet man folgende Erscheinungen. In zwei zu einander senkrechten Lagen äussert das Plättchen gar keinen Einfluss auf die Beschaffenheit des Gesichtsfeldes, und dieses bleibt vor wie nach dunkel. In jeder dieser Lagen fällt nämlich die Schwingungsebene je eines der beiden Strahlen, in welche der von dem unteren Nicol kommende Lichtstrahl bei seinem Durchgange durch die eingeschaltete Platte zerlegt wird, mit je einer der Schwingungsebenen der polarisirenden Prismen zusammen und die Schwingungen gehen unverändert weiter.

In jeder anderen Lage zwischen 0^0 und 90^0 erscheint dagegen das Gesichtsfeld, je nach der Dicke des eingeschalteten Plättchens, gefärbt, und zwar ist die Lebhaftigkeit der während der Drehung im Tone sich nicht ändernden Färbung am grössten, wenn die Schwingungsebenen der Prismen mit jenen der Krystallplatte einen Winkel von 45^0 bilden.

Diese Farbenerscheinungen haben, wie die Farbenringe dünner Schichten fester und flüssiger Körper, welche unter dem Namen der Newton'schen Farbenringe bekannt sind, ihren Grund darin, dass die Verzögerung, welche die, verschiedene Wellenlängen, also auch verschiedene Geschwindigkeiten besitzenden Elementarstrahlen des weissen Lichtes durch die Brechung erleiden, bei einer und derselben Dicke desselben Körpers eine verschiedene ist. Die einzelnen einfachen Strahlen treten daher in verschiedenen Schwingungszuständen aus dem eingeschalteten Plättchen heraus und erscheinen, aus dem Zerleger kommend, und nach ihrer Interferenz mit verschiedener Lichtstärke. Auf diese Weise entstehen Mischfarben, die vorzugsweise von jenen Strahlen abhängen, welche, in grösster Intensität auftretend, jene mit schwächerer Intensität mehr oder weniger vollständig löschen.

Färbung des verzögernden Plättchens bei gekreuzten Polarisationsebenen. — Aus allem dem geht hervor, wie wir es in unserer Gewalt haben, durch verschiedene Dicke des eingeschalteten sogenannten verzögernden Gypsplättchens verschiedene Färbungen des Gesichtsfeldes hervorzurufen. Diese entsprechen unter obiger Voraussetzung, d. h. bei rechtwinklig gekreuzten Polarisationsebenen, den Farben der Newton'schen Ringe in zurückgeworfenem Lichte, welche folgende Reihe bilden.

Erste Ordnung.

Schwarz	(Weiss)	(0)
Grau	(Gelblichweiss) .	(97)
Hellbläulich . . .	(Orange)	(158)
Weiss	(Hellroth) . . .	(259)
Gelblichweiss . . .	(Rothviolett) . .	(267)
Gelb	(Indigo)	(306)
Glänzend gelb . .	(Blau)	(332)
Orange	(Blaugrünlich) .	(430)
Roth	(Hellgrün) . . .	(536)
Dunkelroth . . .	(Gelbgrün) . . .	(551)

Zweite Ordnung.

Purpur	(Grün)	(565)
Violett	(Hellgrün) . . .	(575)

Indigo	(Gelb)	(589)
Blau	(Orange) . . .	(664)
Grün	(Roth)	(747)
Gelb	(Indigo) . . .	(910)
Orange	(Blau)	(948)
Roth	(Grün)	(1101).

Dritte Ordnung.

Violett	(Gelbgrün) . .	(1128)
Indigo	(Gelb)	(1151)
Blau	(Rothgelb) . .	(1258)
Grün	(Roth)	(1376)
Grünlich gelb . .	(Violett) . . .	(1426)
Rosa	(Grünblau) . .	(1495)
Roth	(Grün)	(1621)*).

u. s. w.

Färbung des verzögernden Plättchens bei parallelen Polarisationsebenen. — Werden die Polarisationsebenen der beiden Prismen in parallele Stellung gebracht, so treten ähnliche Farbenerscheinungen auf. Es bilden jetzt aber die einer bestimmten Dicke des eingeschalteten Plättchens angehörenden, oben eingeklammerten, Farben die Complementärfarben derjenigen, welche bei gekreuzten Polarisationsebenen beobachtet wurden, entsprechen sonach den Newton'schen Farben für das durchgelassene Licht.

Bestimmung der Dicke der verzögernden Gypsplättchen. — Für die mikroskopischen Untersuchungen wird, wie wir weiter unten sehen werden, die Einschaltung eines verzögernden Gypsplättchens oft von hoher Wichtigkeit. Man beschränkt sich meist auf zwei, welche bei gekreuzten Nicols das eine das Roth erster Ordnung gibt, also eine theoretische Dicke von etwa 0,06 bis $0{,}07^{mm}$ hat, das andere das Roth zweiter Ordnung hervorruft und eine Dicke von etwa 0,126 bis $0{,}141^{mm}$ besitzt. Nur selten wird man Veranlassung finden, ein Roth höherer Ordnung zu verwenden, da dieselben zu wenig empfindlich sind. Dagegen ist das Blauviolett der dritten Ordnung, mit einer Dicke von 0,129 bis $0{,}144^{mm}$, für manche Objecte vortheilhaft zu verwenden, da dasselbe sehr empfindlich ist und in dieser Beziehung dem Roth erster Ordnung nahe steht. Zur Bestimmung der annähernden Dicke eines verzögernden Plättchens, das zur Hervorrufung einer gewünschten Färbung dienen soll, genügt eine einfache Rechnung. Man erhält dieselbe nämlich, wenn

*) Die eingeklammerten Zahlen geben die Luftdicke für die Newton'schen Farbenringe in Milliontheilen des Millimeters an.

man den der letzteren entsprechenden Dickenwerth der Luftschicht aus der Newton'schen Scala mit einem dem angewendeten Minerale entsprechenden Coefficienten multiplicirt, der für Gyps 115 oder 128, für Glimmer 220 beträgt.

Bestimmung der Farbe verzögernder Plättchen. — Da der Mikroskopiker ein Interesse daran haben muss, die Farbe seines verzögernden Plättchens genau zu bestimmen, um die später zu erörternden Verhältnisse richtig beurtheilen zu können, so wird es nicht unangemessen sein, die von Valentin zu einer solchen Bestimmung empfohlene (a. a. O. S. 139 u. f.) Methode mitzutheilen. Es beruht dieselbe auf dem Umstande, dass ein derartiges Plättchen, welches zwischen Polarisator und Analysator eingeschaltet dem Gesichtsfelde eine bestimmte Farbe ertheilt, wenn man mit doppelter Dicke beobachtet, letztere in einer ganz bestimmten Weise ändert, welche von der verwandten Farbe einer anderen Ordnung abweicht. Der gewöhnliche Nörrembergische Polarisationsapparat in einfachster Form, der wohl fast überall dem Mikroskopiker zur Verfügung stehen dürfte, reicht für eine derartige Bestimmung vollkommen aus. Man beobachtet mittelst desselben bei einfacher Dicke, wenn das betreffende Plättchen auf dem Tischchen, bei doppelter, wenn es auf dem unteren, horizontalen Spiegel liegt. Unser Gypsplättchen vom Roth erster Ordnung gibt, bei einfacher Dicke beobachtet, für gekreuzte Stellung der Polarisationsebenen ein feuriges Roth, für parallele Stellung ein blasses, aber lichtstarkes Grün, während unter gleichen Umständen für die doppelte Dicke ein blasses, mit etwas Orange gemischtes Roth und ein schönes lebhaftes Grün erscheint.

Aenderung der Farbe eines verzögernden Plättchens während der Drehung um seine horizontale Achse. — Wird ein parallel der Achsenebene geschnittenes Plättchen, dessen Schwingungsebenen die Polarisationsebenen unter Winkel von 45° schneiden, um eine seiner horizontalen Achsen derart gedreht, dass es eine geneigte Lage gegen die Achse des Polarisationsmikroskopes annimmt, so werden ähnliche Farbenänderungen hervorgerufen, wie wenn man Plättchen von verschiedener Dicke einschaltet, indem die polarisirten Lichtstrahlen während einer solchen Drehung und gemäss deren Grösse einen weiteren Weg zurückzulegen haben, als bei horizontaler Lage. Der durch diese Vergrösserung des Weges hervorgerufene Gangunterschied wird ein vermehrter, d. h. die Drehung wirkt gleich einer Verdickung des Plättchens, wenn die Drehungsachse in dem Hauptschnitt liegt, ein verminderter, d. h. die Drehung wirkt gleich einer Verdünnung des Plättchens, wenn jene in die zum Hauptschnitt senkrechte zweite ausgezeichnete Ebene fällt.

Dreht man z. B. das Gypsplättchen von Roth erster Ordnung, nachdem man es so eingeschaltet hat, dass seine Mittellinie mit den Polarisationsebenen einen Winkel von 45° macht, um diese, so steigt seine Farbe

in der Reihe der Newton'schen Ringe von Roth zu Violett, Indigo, Grün; sie sinkt dagegen nach Orange, Gelb, Weisslich, wenn die Drehung um eine zur Mittellinie senkrechte Achse ausgeführt wird. Die in ähnlicher Weise vorgenommene Drehung eines Gypsplättchens von Blau zweiter Ordnung ergibt für den ersten Fall Blau, Blaugrün, Grün, Gelblichgrün, also ein Steigen, für den anderen Blau, Violett, Roth, also ein Sinken der Farben.

Verhalten zweier oder mehrerer doppelt brechender, parallel zur Achsenebene geschliffener Krystallplättchen.

Werden an Stelle eines einzigen Plättchens deren zwei zwischen die beiden Prismen des Polarisationsmikroskopes eingeschaltet, so resultiren daraus Erscheinungen, welche für die mikroskopische Beobachtung von Wichtigkeit sind. Wir müssen denselben daher eine etwas eingehendere Betrachtung zu Theil werden lassen.

Bringt man zwei derartige Plättchen von gleichem Charakter, z. B. zwei Gypsplättchen, in solcher Lage zwischen die beiden gekreuzten Nicols, dass ihre gleichnamigen Schwingungsebenen zusammenfallen, man also eine sogenannte parallele Verdoppelung hat, so ist das Resultat das gleiche, als ob man ein einziges Plättchen von grösserer Dicke eingeschaltet hätte. Der Gangunterschied vergrössert sich, und die bei Beobachtung in weissem Lichte auftretenden Interferenzfarben steigen in der Reihenfolge der Newton'schen Farbenringe. Verbindet man dagegen die beiden Plättchen so mit einander, dass sich ihre gleichnamigen Schwingungsebenen kreuzen, die Schwingungsebene des ordentlichen Strahles im einen mit der Schwingungsebene des ausserordentlichen Strahles im anderen zusammenfällt, dass also der eine Strahl voraneilt, während der andere zurückbleibt, dann tritt bei dieser sogenannten gekreuzten Verdoppelung eine Verminderung im Gangunterschiede ein, und der Erfolg ist derselbe, als ob man ein dünneres Plättchen von demselben Charakter verwendet hätte, d. h. die Interferenzfarben nehmen eine niedrigere Stelle in der Scala ein.

Wäre z. B. ein Gypsplättchen von Roth und ein solches von Graublau erster Ordnung mit einander eingeschaltet worden, so würde dem Gesichtsfelde unter der ersteren Voraussetzung eine blaue, unter der anderen eine orangegelbe Färbung ertheilt worden sein. Die resultirenden Farben können jedesmal theoretisch berechnet werden. Sucht man nämlich diejenigen Zahlen auf, welche die Dicke des Spaltraumes angeben, der zur Erzeugung der, den Farben der verwendeten Plättchen entsprechenden Farben für die Newton'schen Farbenringe gefordert ist, so müssen diese im Falle des Zusammenfallens der homologen Schwingungsebenen addirt, im Falle der Kreuzung subtrahirt werden. Man kann daher der Kürze wegen die ersteren als Additionsfarben, die letzteren als Subtractionsfarben bezeichnen.

Die Complication ist bei der Möglichkeit einer ausgedehnten Reihe von Combinationen von Plättchen der verschiedensten Farben natürlich eine sehr bedeutende. Da jedoch für den ausübenden Mikroskopiker hauptsächlich jene Combinationen in Betracht kommen, welche mittelst der Gypsplättchen von Roth erster und zweiter und von Hellviolett dritter Ordnung, oder endlich durch Verbindung zweier gleichfarbiger Plättchen unter sich oder mit jenen Gypsplättchen erreicht werden, so wollen wir nur einige derjenigen Farben zusammenstellen, welche aus derartigen Verbindungen hervorgehen.

Verbindung verschieden dicker Gypsplättchen mit einem solchen von bekannter Farbe. — Betrachten wir zuerst einige Combinationen von Plättchen verschiedener Farben mit einem Gypsplättchen der drei genannten, so ergeben sich folgende Resultate:

a. Gypsplättchen, Roth erster Ordnung.

Farbe des zweiten Plättchens für sich.	Farben der Combination.	
	Additionsfarben.	Subtractionsfarben.
Grau . . . . 1. Ordnung	Violett . . . 2. Ordnung	Orangeroth . 1. Ordnung
Hell graublau 1. "	Blau . . . . 2. "	Gelb . . . . 1. "
Weiss . . . . 1. "	Grün . . . . 2. "	Weiss . . . 1. "
Gelb . . . . . 1. "	Gelb . . . . 2. "	Grau . . . . 1. "
Orange . . . 1. "	Orange . . . 2. "	Dunkelgrau . 1. "
Roth . . . . 1. "	Roth . . . . 2. "	Schwarz . . 1. "
Violett . . . . 2. "	Violett . . . 3. "	Dunkelgrau . 1. "
Indigo . . . . 2. "	Indigo . . . 3. "	Dunkelgrau . 1. "
Blau . . . . . 2. "	Blau . . . . 3. "	Hellblaugrau 1. "
Grün . . . . 2. "	Grün . . . . 3. "	Weiss . . . 1. "
Gelb . . . . . 2. "	Gelb . . . . 3. "	Gelb . . . . 1. "
Orange . . . 2. "	Rosa . . . . 3. "	Orange . . . 1. "
Roth . . . . 2. "	Roth . . . . 3. "	Roth . . . . 1. "

u. s. f.*).

*) Es ist hier zu bemerken, dass die resultirenden Farben nicht immer genau den oben angegebenen entsprechen, sondern in der Regel Zwischentöne bilden, so dass z. B. statt Grün der dritten Ordnung häufig Blaugrün, statt Weiss erster Ordnung Gelblich-Weiss erscheint. Ich habe immer diejenige Farbe der Newton'schen Scala gewählt, deren Zahlenausdruck die erhaltene Summe oder Differenz am nächsten stand.

b. Gypsplättchen, Roth zweiter Ordnung.

Farbe des zweiten Plättchens für sich.	Farben der Combination.	
	Additionsfarben.	Subtractionsfarben.
Grau . . . . 1. Ordnung	Violett . . . 3. Ordnung	Orange . . . 2. Ordnung
Graublau . . 1. „	Blau . . . . 3. „	Gelb . . . . 2. „
Weiss . . . 1. „	Grün . . . . 3. „	Grün . . . 2. „
Gelb . . . . 1. „	Gelb . . . . 3. „	Blau . . . . 2. „
Orange . . . 1. „	Rosa . . . . 3. „	Indigo . . . 2. „
Roth . . . . 1. „	Roth . . . . 3. „	Roth . . . . 1. „
Violett . . . 2. „	Violettgrau . 3. „	Röthlich . . 1. „
Indigo . . . 2. „	Blau . . . . 4. „	Orange . . . 1. „
Blau . . . . 2. „	Blaugrün . . 4. „	Gelb . . . . 1. „
Grün . . . . 2. „	Grün . . . . 4. „	Weiss . . . 1. „
Gelb . . . . 2. „	Graugrün . . 4. „	Hellgrau . . 1. „
Orange . . . 2. „	Gelbgrün . . 4. „	Grau . . . . 1. „
Roth . . . . 2. „	Roth . . . . 4. „	Schwarz . . 1. „

c. Gypsplättchen, Hellblauviolett dritter Ordnung, sogenanntes Uebergangsviolett.

Farbe des zweiten Plättchens für sich.	Farben der Combination.	
	Additionsfarben.	Subtractionsfarben.
Grau . . . . 1. Ordnung	Indigo . . . 3. Ordnung	Violettroth . 2. Ordnung
Graublau . . 1. „	Blau . . . . 3. „	Orange . . . 2. „
Weiss . . . 1. „	Grün . . . . 3. „	Gelb . . . . 2. „
Gelb . . . . 1. „	Gelb . . . . 3. „	Grün . . . 2. „
Orange . . . 1. „	Roth . . . . 8. „	Blau . . . . 2. „
Roth . . . . 1. „	Grauviolett . 3. „	Indigo . . . 2. „
Violett . . . 2. „	Grünlichblau 4. „	Purpur . . . 2. „
Indigo . . . 2. „	Blaugrün . . 4. „	Roth . . . . 1. „
Blau . . . . 2. „	Grün . . . . 4. „	Orange . . . 1. „
Grün . . . . 2. „	Graugrün . . 4. „	Gelb . . . . 1. „
Gelb . . . . 2. „	Gelblichgrün 4. „	Hellgrau . . 1. „
Orange . . . 2. „	Gelblichroth . 4. „	Grünblau . . 1. „
Roth . . . . 2. „	Roth . . . . 4. „	Grau . . . . 1. „

Beobachtet man bei paralleler Stellung der Polarisationsebenen, so treten die complementären Farben der oben angegebenen auf, die ich nicht näher berücksichtigt habe, da sie sich aus der Seite 416 gegebenen Tabelle leicht auffinden lassen und ausserdem diese Beobachtungsweise für das Mikroskop nur in Ausnahmefällen angewendet wird.

Farbenänderung bei der Drehung eines verzögernden Plättchens über einem Gypsplättchen von bekannter Farbe. — Wird ein parallel zur Achsenebene geschnittenes Plättchen auf einem feststehenden Gypsplättchen von bekannter Farbe gedreht, so geht die Additionsfarbe unter + 45⁰ allmälig in jene des Gypsplättchens und dann in die Subtractionsfarbe unter — 45⁰ über, ohne dass dieser Uebergang in den Tönen der Newton'schen Scala geschähe.

Dreht man z. B. ein Plättchen von Grünblau erster Ordnung auf dem Gypsplättchen Roth erster Ordnung, so erhält man Blau, Dunkelviolett, Violett, Roth, Blassroth, röthlich Graugelb, blass Orangegelb, Gelb. Auf demjenigen vom Hellblauviolett (Uebergangsviolett der dritten Ordnung) zeigt die Drehung desselben Plättchens Grün, Bläulichgrün, Hellblauviolett, Röthlichviolett, Roth mit verwischten Zwischentönen.

Farben zweier übereinander liegender Krystallplättchen von gleicher Dicke. — Befinden sich zwei Krystallplättchen von gleicher Dicke übereinander, so resultiren daraus verschiedene Farben, je nachdem dieselben mit den homologen Schwingungsebenen übereinander liegen, oder diese — zwischen 0⁰ und 90⁰ — einen grösseren oder kleineren Winkel mit einander machen. Sind die ungleichnamigen Schwingungsebenen übereinander gelagert, so wird unter allen Umständen das dunkele Gesichtsfeld wiedergegeben.

Der erstere Fall findet sich bei allen organischen Körpern, deren Achsen einen geraden Verlauf haben, während der andere da auftritt, wo die Achsen schief dahin gehen. Wir müssen daher beide Fälle etwas näher betrachten.

Liegen die beiden oder auch mehrere Plättchen mit ihren gleichnamigen Schwingungsebenen übereinandergeschichtet, so gehen daraus, wenn dieselben so orientirt werden, dass die letzteren mit den Polarisationsebenen einen Winkel von 45⁰ bilden, Farben hervor, welche der doppelten, dreifachen u. s. w. Dicke entsprechen.

So z. B. geben zwei Plättchen von:

Grau erster Ordnung	Lavendelgrau erster Ordnung.
Lavendelgrau „ „	Hellgraublau „ „
Graublau „ „	Hellgelb „ „
Hellgraublau „ „	Orangegelb „ „
Weiss „ „	Orangeroth „ „
Gelblichweiss „ „	Roth „ „
Strohgelb „ „	Violett zweiter Ordnung
Hellgelb „ „	Indigo „ „
Glänzend Gelb „ „	Blau „ „
Orangegelb „ „	Grünlichgelb „ „
Orangeroth „ „	Orange „ „
Roth „ „	Roth „ „
Violett zweiter Ordnung	Indigo dritter Ordnung.
Indigo „ „	Blau „ „
Blau „ „	Grün „ „
Grün „ „	Rosa „ „
Gelb „ „	Hellgrün vierter Ordnung.
Orange „ „	Graugrün „ „
Roth „ „	Grauweiss „ „

Werden die Plättchen so übereinander geschichtet, dass ihre Schwingungsebenen einen Winkel miteinander bilden, und so orientirt, dass die Linie, welche diesen Winkel halbirt, unter 45⁰ mit den Polarisationsebenen dahin geht, so ändern sich die oben beschriebenen Additionsfarben.

So geben zwei Plättchen von Graublau, wenn ihre Schwingungsebenen übereinander fallen, die Additionsfarbe Hellgelb, diese ändert sich bei einem Drehungswinkel von $^1/_4$ Rechten in heller Gelb, von $^1/_2$ R. in Weisslich, von $^3/_4$ R. in Bläulichweiss, von 1 R. in Schwarz und geht bei weiterer Drehung bis zu 2 R. oder 180^0 in denselben Tönen wieder nach Hellgelb zurück. Zwei Gypsplättchen von Roth erster Ordnung in derselben Weise aufeinander gelegt und gedreht bleiben Roth, es ist diese Farbe jedoch zwischen $^1/_2$ und $1^1/_2$ R. etwas dunkeler, d. h. sie nähert sich mehr dem Roth erster Ordnung als in den Quadranten zwischen 0^0 und $+ 45^0$ und zwischen 90^0 und $- 45^0$.

Orientirt man die beiden Plättchen so, dass die den Drehungswinkel halbirende Linie mit den Polarisationsebenen zusammenfällt, so geben dieselben Farben, solange ihre gleichnamigen Schwingungsebenen nicht zusammenfallen oder sich kreuzen, in welchem Falle das Gesichtsfeld dunkel bleibt. Es zeigen z. B. die beiden Plättchen von Graublau Hellbläulichgrau, wenn ihre Schwingungsebenen einen Winkel von 45^0 miteinander machen, Dunkelbläulichgrau, wenn sie unter $^1/_4$ oder $^3/_4$ Rechten gegeneinander geneigt sind. Zwei Plättchen von Roth erster Ordnung geben bei 45^0 Violett, bei $^1/_4$ und $^3/_4$ R. Dunkelviolett.

Farben zweier gleicher Krystallplättchen über einem feststehenden Gypsplättchen. — Verbindet man zwei übereinander geschichtete Plättchen von gleicher Farbe mit einem feststehenden Gypsplättchen, so sind die daraus hervorgehenden Farben einestheils von den Winkeln, welche die Schwingungsebenen derselben untereinander oder mit der diese halbirenden Mittellinie machen, anderentheils von der Stellung dieser letzteren selbst gegen die Polarisationsebenen abhängig.

Um ein Beispiel der hier auftretenden Farbenerscheinungen zu geben, welche für die Beurtheilung der optischen Verhältnisse solcher organischer Körper wichtig werden, deren Achsen schief verlaufen, stelle ich dieselben für die obigen zwei Plättchen von Graublau erster Ordnung zusammen, deren Schwingungsebenen unter Winkeln von 0° bis 180° gegeneinander geneigt waren und welche über einem Gypsplättchen von Roth erster Ordnung gedreht wurden.

Orientirung.	Winkel, welchen die Schwingungsebenen unter sich und mit der Mittellinie machen.								
	0°	$\frac{1/4 \text{ R.}}{1/8 \text{ R}}$	$\frac{1/2 \text{ R.}}{1/4 \text{ R.}}$	$\frac{3/4 \text{ R.}}{3/8 \text{ R.}}$	$\frac{1 \text{ R.}}{1/2 \text{ R.}}$	$\frac{5/4 \text{ R.}}{5/8 \text{ R.}}$	$\frac{3/2 \text{ R.}}{3/4 \text{ R.}}$	$\frac{7/4 \text{ R.}}{7/8 \text{ R.}}$	$\frac{180^0}{1 \text{ R.}}$
+ 45°	Bläulichgrün.	Blaugrün.	Blau mit Grün.	Blau.	Roth.	Orange.	Gelborange.	Hellorangeglb.	Gelbweiss.
0°	Roth 1.	Rothviolett.	Blauviolett.	Indigo.	Roth.	Rothorange.	Röthlichorange.	Orange.	Roth.
— 45°	Gelbweiss.	Hellorangeglb.	Gelborange.	Orange.	Roth.	Blau.	Blau mit Grün.	Blaugrün.	Grün.
90°	Roth 1.	Orange.	Röthlichorange.	Rothorange.	Roth	Indigo.	Blauviolett.	Rothviolett.	Roth.

Betrachten wir dies Verhalten näher, so ergibt sich, dass in der Lage von + 45°, wo also die den Winkel der Schwingungsebenen der geschichteten Plättchen halbirende Mittellinie mit der Schwingungsebene des Gypsplättchens zusammenfällt, die Farben sich solange in Addition befinden, als der Winkel mit der Mittellinie unter 1/2 R. (45°) bleibt, wenn dieser Winkel gleich 1/2 R. ist, der Gypsgrund wiedergegeben wird, und endlich die Interferenzfarben in Subtractionsfarben übergehen, sobald derselbe über 1/2 (45°) R. bis zu 1 R. (90°) steigt. In der Stellung — 45° findet das Umgekehrte statt, solange der Winkel zwischen der Mittellinie und den Schwingungsebenen nicht 1/2 R. (45°) beträgt, in welchem Falle sich die Combination als neutral erweist. Im ersteren Falle bemerken wir ein Sinken, im anderen ein Steigen der beiderlei Interferenzfarben.

Sind die geschichteten Plättchen so orientirt, dass die Mittellinie mit einer der beiden Polarisationsebenen zusammenfällt, so haben wir unter 0° bei einem unter 45° bleibenden Winkel Additionsfarben, bei einem über 45° steigenden Winkel dagegen Subtractionsfarben und un-

ter 90° findet eine Vertauschung der Interferenzfarben statt. Bei der ersteren Orientirung findet zwischen 0° und 45° ein Steigen, zwischen 45° und 90° ein Sinken, bei der zweiten Orientirung eine Umkehrung dieser Erscheinung statt, während unter 45° und 90° Roth hervortritt.

Dreht man die Combination allmälig aus der Stellung von + 45° nach 0°, — 45° und 90°, so werden eine Reihe von Farbentönen durchlaufen, welche zwar Mitteltöne zwischen den in der Tabelle gegebenen acht Farben bilden, nicht aber mit der Newton'schen Farbenreihe übereinstimmen. So treten z. B. für die beiden oben genannten Plättchen, bei einer Neigung der Schwingungsebenen von 45°, Grün mit Blau, Hellblau, dunkler Blau, Indigo, Blauviolett, Hellviolett, Lila, Gelbweiss, Gelb, Orangegelb, Orange nach einander auf.

Verhalten senkrecht zur optischen Achse geschnittener einachsiger, oder senkrecht zur Mittellinie geschnittener zweiachsiger Krystallplatten.

Polarisationskreuz der einachsigen Platten. — Beobachtet man eine senkrecht zur optischen Achse geschnittene dickere, keine Farben gebende ebene Platte eines einachsigen Krystalles (mit Ausnahme des Bergkrystalles) bei gekreuzten Polarisationsebenen, so bleibt das Gesichtsfeld für alle Stellungen der Platte vollkommen dunkel, sobald diese eine nur geringe Ausdehnung hat. Es werden nämlich für diesen Fall alle senkrecht durchgehenden Strahlen ordentlich gebrochen und können keine Interferenzen verursachen. Nimmt die Platte eine grössere Ausdehnung an, so dass die in den äusseren Theilen durchtretenden Strahlen eine mehr geneigte Richtung gegen das Auge erlangen, oder ruft man diese Neigung für kleinere Platten durch Anwendung von lichtconcentrirenden Linsen hervor, so ändert sich das Verhalten. Man erblickt jetzt bei jeder beliebigen Stellung der um ihre senkrechte Achse gedrehten Platte das Gesichtsfeld in der Mitte dunkel, in den äusseren Theilen aber von zwei, in aufeinander senkrechten, den Projectionen der Polarisationsebenen entsprechenden Richtungen dahingehenden dunkelen Bändern durchsetzt, während die dazwischenliegenden Quadranten derart erhellt erscheinen, dass das Maximum der Helligkeit in den unter 45° verlaufenden Radien auftritt. Die Erklärung dieser Erscheinung lässt sich einfach geben. Sämmtliche durch die Mitte der Platte gehenden Strahlen haben eine senkrechte Richtung, verlaufen also der optischen Achse parallel und können keine Veränderung in dem Gesichtsfelde hervorbringen. Das Gleiche wird bei allen den Strahlen stattfinden, welche den Krystall in jenen seiner unzähligen Hauptschnitte durchlaufen, welche mit den beiden Polarisationsebenen zusammenfallen. Da indessen auch die in der Nähe der beiden genannten Hauptschnitte durchgehenden Strahlen nur eine geringe Ablenkung erfahren und von dem Zerleger

zum grössten Theile zurückgehalten werden, so erlangt das dunkele Kreuz immer eine bestimmte Breite und geht erst allmälig in die leuchtenden Stellen der Quadranten über, welche durch die, zur optischen Achse geneigt durchgehenden, in einen ordentlichen und ausserordentlichen Strahl zerlegten Lichtstrahlen hervorgebracht werden.

Hat die Platte eine bedeutendere Ausdehnung erlangt, so treten bei Beobachtung in weissem Lichte neben dem Polarisationskreuze noch concentrische, die Newton'sche Farbe zeigende Ringsysteme auf.

Hyperbeln der zweiachsigen Platten. — Schaltet man an Stelle der einachsigen eine solche Platte ein, welche aus einem zweiachsigen Krystalle senkrecht zur Mittellinie geschnitten ist, so ändern sich die auftretenden Interferenzerscheinungen wesentlich. Das schwarze Kreuz tritt jetzt nur dann auf, wenn die Ebene, welche man sich durch die beiden optischen Achsen gelegt denken kann, mit einer der beiden Polarisationsebenen parallel ist. Dreht man dagegen die Platte um ihren senkrechten Durchmesser, so wandeln sich die Kreuzesarme in zwei die Achsenebene schneidende Hyperbeln um, deren grösste Entfernung eintritt, sobald jene Ebene die Polarisationsebenen unter einem Winkel von 45° schneidet.

Farben dünner Plättchen zweiachsiger Krystalle. — Werden die zweiachsigen, senkrecht zur Mittellinie geschnittenen Plättchen so dünn, dass sie glatte Farben zeigen (wofür der Glimmer ein Beispiel gibt), so lassen sich mittelst derselben ähnliche Erscheinungen hervorrufen, wie mittelst der parallel zur Achsenebene geschliffenen einachsigen.

Nur bei der Drehung um eine horizontale Achse ändert sich das Verhalten, je nachdem diese in die Achsenebene des Plättchens fällt, oder auf der Mittellinie senkrecht steht. Wird z. B. ein Glimmerplättchen von Graublau erster Ordnung, um eine in der Achsenebene liegende, also mit der kleinsten Elasticitätsachse parallele Achse gedreht, so gibt dasselbe für sich: Hellblaugrau, Weiss, Gelb, Orange, Roth, Violett, über einem Gypsplättchen von Roth erster Ordnung: Blau, Grün, Gelb, Orange, Roth, Violett, Blau, über einem solchen von Hellblauviolett dritter Ordnung: Grün, Gelbgrün, Rosa, Purpur, Grauviolett, Graugrün. Geschieht die Drehung um eine auf der Achsenebene senkrechte, also mit der mittleren Elasticitätsachse parallele Achse, so hat man für sich: Hellblaugrau, Dunkelgrau, Schwarz, (und dann in etwas rascherer Folge) Dunkelgrau, Hellblaugrau, Weiss, Gelb, über dem Gypsplättchen von Roth erster Ordnung: Gelb, Orange, Roth, Violett, Blau, Grün, Gelb, über jenem von Hellblauviolett dritter Ordnung: Roth, Rothviolett, Hellblauviolett, Blaugrün, Grün, Gelbgrün, Rosa. In diesem Falle verhält sich also das Glimmerplättchen bei einer bestimmten, von seinem Achsenwinkel abhängigen Neigung gegen die Achse des Polarisationsinstrumentes neutral, weil die eine seiner optischen Achsen in senkrechte Lage kommt und

die polarisirten Lichtstrahlen unverändert durchgehen. Wir sehen daher an dieser Stelle entweder das Dunkel des Gesichtsfeldes, oder die Farbe des fest eingeschalteten verzögernden Plättchens auftreten.

Circularpolarisation des Bergkrystalles.

Der Bergkrystall unterscheidet sich in seinem Verhalten gegen polarisirtes Licht wesentlich von den übrigen einachsigen Krystallen. Bringt man eine aus diesem Mineral senkrecht zur Achse geschnittene Platte in den polarisirenden Apparat, so erscheint das Gesichtsfeld lebhaft gefärbt, und es ändert sich die Färbung je nach der Drehung des Zerlegers. In keiner Stellung desselben erscheint das Gesichtsfeld farblos, hell oder dunkel. Die beobachteten Farbenveränderungen während der Umdrehung des Zerlegers folgen sich in der Ordnung der prismatischen Farben. Bei manchen Bergkrystallen erhält man, im Verlaufe der Drehung nach der rechten Seite, also von 0^0 nach 270^0 (Fig. 250, S. 432), nacheinander Roth, Orange, Gelb, Grün, Blau, Indigo, Violett, während bei anderen dieselbe Farbenreihe auftritt, wenn die Drehung nach der linken Seite hin, also von 0^0 nach 90^0 vorgenommen wird. Platten ersterer Art heissen rechts drehende, die anderen links drehende.

Man hat diese Erscheinungen auf die kreisförmige Polarisation des Lichtes zurückgeführt, indem man annahm, dass der Bergkrystall in der Richtung der optischen Achse einen ihm zugeleiteten geradlinig oder linear polarisirten Strahl in einen links und einen rechts kreisförmig polarisirten Strahl spalte, durch deren Interferenzen die erwähnten Farbenerscheinungen hervorgerufen werden.

Diese Annahme erhält ihre Begründung darin, dass man im Stande ist, ähnliche Erscheinungen hervorzubringen, wenn man linear polarisirtes Licht durch irgend eine Veranstaltung in kreisförmig polarisirtes überführt. Hierzu eignet sich neben anderen Mitteln namentlich ein Glimmerplättchen, welches für gelbes Licht und annähernd auch für alle anderen einfachen Farben einen Gangunterschied der beiden Strahlen von $^1/_4$ Wellenlänge bewirkt.

Schaltet man ein solches Plättchen so in den Polarisationsapparat ein, dass es bei gekreuzten Polarisationsebenen dem Gesichtsfelde unter gleichzeitig stärkster Erhellung eine hellblaugraue Färbung ertheilt, so kann man den Analysator um seine Achse drehen, ohne dass sich die Helligkeit merklich ändert, während bei paralleler Stellung der Polarisationsebenen die graublaue Färbung des Gesichtsfeldes in eine blassgelbe übergeführt wird. Man erhält auf diese Weise rechts kreisförmig polarisirtes Licht, wenn die Achsenebene des Plättchens den ersten und dritten Quadranten unter 45^0 schneidet. Hat man das letztere so eingeschaltet, dass seine Achsenebene den zweiten und vierten Quadranten unter 45^0 schneidet, so wird links kreisförmig polarisirtes Licht erzeugt. Dreht man endlich das Gypsplättchen selbst um seinen

senkrechten Durchmesser, so dass seine Achsenebene zwischen 0° und 45° fällt, so erhält man elliptisch polarisirtes Licht.

Um die für den Bergkrystall beobachteten Erscheinungen für andere Krystalle hervorzurufen, verfährt man auf folgende Weise. Zuerst wird ein $^1/_4$ Glimmerplättchen so in den Apparat eingeschaltet, dass seine Schwingungsebenen mit den Polarisationsebenen Winkel von 45° bilden, darüber legt man ein Gypsplättchen von bekannter Farbe so ein, dass seine Schwingungsebenen mit den Polarisationsebenen zusammenfallen, und bringt endlich über diesem ein zweites $^1/_4$ Glimmerplättchen derart an, dass die gleichnamigen Schwingungsebenen mit jenen des erst eingeschalteten Plättchens übereinstimmen, oder dieselben kreuzen, wodurch man links oder rechts circularpolarisirtes Licht erhält. Wird hierauf der Zerleger um seine Achse gedreht, so erhält man analoge Farbenänderungen des Gesichtsfeldes, wie sie bei der Einschaltung einer senkrecht zur Achse geschnittenen Bergkrystallplatte beobachtet wurden. Ein Gypsplättchen von Blau zweiter Ordnung gibt z. B. Grün, Blau, Violett, Roth, Orange, Gelb für rechts, Grün, Gelb, Orange, Roth, Violett, Blau für links circularpolarisirtes Licht, d. h. es erscheint bei Rechtsdrehung des Zerlegers für jenes die erste, für dieses die andere Farbenfolge und umgekehrt.

Für die mikroskopische Beobachtung kann die Ueberführung des linear polarisirten Lichtes in kreisförmig polarisirtes namentlich dann von Wichtigkeit werden, wenn es gilt, sich über die Richtung der optischen Achse organischer Objecte zu unterrichten. Man benutzt hierzu in der Regel das oben beschriebene Glimmerplättchen, welches einfach als $^1/_4$ Glimmerplättchen bezeichnet wird, und bei dem polarisirenden Apparat für das Mikroskop nicht fehlen sollte. Ueber dessen richtige Dicke verschafft man sich in derselben Weise Gewissheit, wie es oben für das Gypsplättchen angegeben wurde. Es muss dasselbe, wenn es die verlangte Wirkung ausüben soll, für einfache Dicke bei gekreuzten Polarisationsebenen Hellgraublau, bei parallelen Gelb mit einem geringen Stich ins Braune, für die doppelte Dicke im ersteren Falle Strohgelb, im anderen Blauviolett geben.

II. Bestimmung der optischen Eigenschaften organischer Körper.

Nachdem wir uns im Vorausgehenden mit den Grundlagen bekannt gemacht haben, auf denen das Verständniss und die Erklärung des optischen Verhaltens der organischen Körper beruht, können wir zur Bestimmung dieses letzteren selbst, und somit zu den Aufgaben übergehen, welche die Beobachtung der mikroskopischen Objecte mittelst polarisirten Lichtes zu lösen hat.

Diese Aufgaben sind folgende:

1. Ist zu entscheiden, ob das zur Beobachtung vorliegende Object einfach oder doppelt brechend, und wenn das letztere, ob es

2. ein- oder zweiachsig ist;

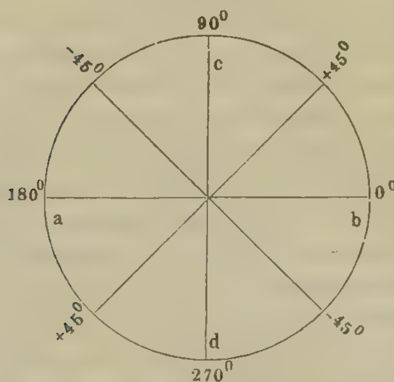
3. muss für den ersten Fall unter Nr. 2 die Richtung der optischen Achse, für den anderen die Lage der Elasticitätsachsen bestimmt, und endlich

4. die Frage beantwortet werden, ob dem betreffenden Objecte der positive oder negative Charakter zukomme.

Da bei der Entscheidung aller dieser Punkte des optischen Charakters die Drehung des Objectes um eine senkrechte Achse gefordert wird, so ist es von Vortheil, wenn das Polarisationsmikroskop mit einer gut centrirten Drehscheibe versehen ist, welche man in den Tisch einsetzen und wieder entfernen kann.

Die Richtung der Drehung lässt sich am einfachsten nach dem Quadranten des Drehungskreises bestimmen, welchen man durchlaufen hat. Um ein volles Einverständniss darüber zu erzielen, ist es gut, die Bezeichnung dieser Quadranten ein- für allemal fest zu normiren. Denkt man sich z. B. das Gesichtsfeld von vier Durchmessern rechtwinklig durchschnitten, von denen der eine *ab* (Fig. 250) bei gekreuzten Nicols mit der Polarisationsebene des oberen, der andere *cd* mit jener des unteren zusammenfällt, so mag der Punkt *a* als Anfangspunkt der Drehung 0⁰, *c* 90⁰, *b* 180⁰, *d* 270⁰ des Drehungskreises entsprechen, und es ist die Richtung der Drehung vollständig bestimmt, wenn wir den Quadranten zwischen 0⁰ und 90⁰ als positiven, jenen zwischen 0⁰ und 270⁰ als negativen bezeichnen. Mit + 45⁰ ist dann der Durchmesser zwischen 45⁰ und 225⁰, mit — 45⁰ jener zwischen 315⁰ und 135⁰, mit + 90⁰ jener zwischen 90⁰ und 270⁰, mit — 90⁰ endlich jener zwischen 270⁰ und 90⁰ gegeben, und es fallen alle Drehungen zwischen 0⁰ und + 90⁰, 0⁰ und — 90⁰.

Fig. 250.



Ermittlung der einfach- oder doppelt brechenden Eigenschaft.

Beobachtung im Quer- und Längsschnitt. — Um die erste Aufgabe zu lösen, d. h. um zu bestimmen, ob ein Object einfach oder doppelt bricht, bringt man dasselbe, während sich die beiden Nicols des Polarisationsmikroskopes in gekreuzter Stellung befinden, in das Gesichtsfeld und dreht es um seinen senkrechten Durchmesser. Bleibt das Ge-

sichtsfeld, während man die Drehung vollzieht, in allen seinen Theilen dunkel, so darf man nur dann auf einfache Brechung schliessen, wenn das Object eine gewisse Ausdehnung besitzt. Ist diese eine geringere, haben wir z. B. den Querdurchschnitt einer sehr feinen Röhre oder Faser vor uns, so bleibt die Entscheidung zu treffen zwischen einfach brechend und optisch einachsig mit einer der Achse des Mikroskopes parallelen Stellung der optischen Achse. Wir müssen deshalb — und es ist jedenfalls gut, denselben selbst bei ausgedehnteren Objecten niemals zu versäumen — zu einem Controlversuche schreiten. Der Gegenstand wird in einer zu der vorigen senkrechten Lage unter das Mikroskop gebracht, d. h. wenn man ihn vorher in seinem Querschnitte beobachtete, betrachtet man ihn jetzt in seinem Längsschnitte. Bleibt das Gesichtsfeld unter allen Umständen absolut dunkel, so ist man zu dem Schlusse berechtigt, dass man es mit einem einfach brechenden Körper zu thun habe.

Die einzige Möglichkeit einer Täuschung, die auch jetzt noch unterlaufen könnte, beruht auf dem Umstande, dass es oft schwierig wird, die niedrigsten Interferenzfarben der ersten Ordnung von dem Tone des dunkelen Gesichtsfeldes zu unterscheiden. Hat man nämlich sehr schwach brechende Objecte oder sehr zarte Schnitte, welche zur Beobachtung gelangen, so kann es vorkommen, dass vermöge des durch sie hervorgerufenen geringen Gangunterschiedes der interferirenden Strahlen nur die niedrigsten in verschiedenen Abstufungen eines ziemlich matten, dunklen Grau sich bewegenden Farben der Newton'schen Farbenringe auftreten und gänzlich übersehen würden.

Anwendung verzögernder Plättchen. — Um sicher zu gehen, schaltet man zwischen Object und Polarisator ein Krystallplättchen von bekannter Farbe ein und sieht zu, ob der gefärbte Grund des Gesichtsfeldes nicht in irgend einer Weise durch den Beobachtungsgegenstand geändert wird. Bleibt derselbe auch während der Drehung und in jeder Lage des Gegenstandes unverändert, so darf man, da sich bei der Anwendung solcher verzögernder Plättchen auch noch sehr geringe Spuren von Doppelbrechung verrathen, wohl jede Täuschung für ausgeschlossen halten.

Als solche verzögernde Plättchen wendet man in der Regel dünne Gypsplättchen an, weil diese lebhaftere Farben geben als Glimmerplättchen, welche hier und da noch gebraucht werden. In der Wahl der Farbe ist man nicht gerade beschränkt. Im Allgemeinen hat man aber Plättchen mit Farben der ersten oder zweiten Ordnung zu wählen, weil solche einmal einen weit reineren und lebhafteren Ton geben und diesen, was vorzugsweise zu berücksichtigen ist, bei gleicher Dicke des zu prüfenden Objectes, welches gleich einer Verdünnung oder Verdickung wirkt, am auffallendsten ändern. Ein Gypsplättchen vom Roth der ersten Ordnung dürfte im Allgemeinen für mikroskopische Untersuchungen das geeignetste sein. Die Aenderungen, welche bei dessen Anwendung durch Einschaltung eines zweiten doppelt brechenden Körpers in der Färbung

des Gesichtsfeldes hervorgerufen werden, sind nämlich für das Auge sowohl in der aufsteigenden als in der absteigenden Farbenreihe sehr empfindlich und werden äusserst leicht wahrgenommen. H. v. Mohl hat statt dieses Gypsplättchens für sehr schwach doppelt brechende Körper Glimmerplättchen empfohlen, welche dem Gesichtsfelde neben mässiger Erhellung eine schwach graublaue Färbung ertheilen, bei der die nebeneinander auftretende Erhellung und Verdunkelung in der Substanz des Objectes leicht wahrgenommen werden soll. Nach meinen Erfahrungen reicht man für diesen Zweck nicht allein mit dem Gypsplättchen vollkommen aus, sondern nimmt bei der rothen Färbung des Gesichtsfeldes schwach doppelt brechende Körper weit leichter wahr als bei der graublauen. Als äusserst empfindlich für schwache Farbenänderungen habe ich das Uebergangsviolett erkannt, und kann diese Farbe neben dem genannten Roth empfehlen. Doch mögen hier die Verschiedenheiten in dem Bau des Auges individuelle Unterschiede in der Farbenauffassung bedingen, über die eben jeder Beobachter selbst entscheiden muss.

Für schwierigere Fälle erweist sich die Anwendung eines gekreuzten Gypsplättchens vortheilhaft, welche schon 1855 von Bravais empfohlen worden ist. Zur Herstellung eines solchen verbindet man zwei Gypsplättchen von Roth erster Ordnung an ihren Rändern derart miteinander, dass sich ihre gleichnamigen Schwingungsebenen unter einem rechten Winkel schneiden. Ein doppelt brechender Körper auf die Grenzlinien beider Plättchen gebracht wird die Farbe des Gesichtsfeldes auf der einen Hälfte zum Steigen, auf der anderen zum Sinken bringen und so einen Farbenunterschied bedingen, der wegen des grösseren Contrastes auch bei schwächerer Färbung leicht wahrgenommen werden kann.

2. Bestimmung der einachsigen oder zweiachsigen Beschaffenheit.

Ob ein organisches Object ein- oder zweiachsig sei, ist schwieriger zu entscheiden als bei den krystallisirten Körpern. Während man hier in dem Auftreten von Hyperbeln oder anderen Curven während der Drehung senkrecht zur Mittellinie geschliffener Platten ein sicheres Kennzeichen für die Zweiachsigkeit hat, fällt dieses dort weg. Wir arbeiten bei organischen Objecten häufig unter so verwickelten Bedingungen, dass sich für einen bestimmten Entscheid immer nur einzelne, oft ziemlich unbestimmte Anhaltspunkte finden lassen, wenn wir neben dem Mikroskope nicht noch andere complicirte und kostspielige Apparate verwenden wollen, die dann aber wieder für die Erforschung der eigentlichen Elementarstructur ohne alle Bedeutung sind.

In den einfacheren Fällen, welche bei der Untersuchung organischer Elementarorgane vorkommen, und bei denen wir die optische Achse als mit einer der drei Dimensionen des betreffenden Objectes zusammenfal-

lend annehmen dürfen, lässt sich der Entscheid leicht fällen. Er liegt darin, dass, wenn das Object einachsig ist, bei irgend welcher, einer seiner Dimensionen entsprechenden Lage die optische Achse zur Wirkung kommen und die Doppelbrechung nach dieser Richtung hin aufgehoben erscheinen muss, dass dagegen bei zweiachsiger Beschaffenheit in jeder Lage des Objectes Interferenzfarben auftreten. Die einzige Schwierigkeit, welche sich hier geltend macht, liegt darin, dass, wenn die optische Achse bei faserförmigen Körpern mit der Längsachse zusammentrifft und der Querschnitt beobachtet wird, bei einer gewissen Ausdehnung desselben diejenigen Erscheinungen zu Tage kommen können, welche oben bei den senkrecht zur optischen Achse geschnittenen einachsigen Krystallen beschrieben wurden, so dass bei unseren kleinen Objecten ein Unterschied in dem Verhalten von ein- und zweiachsigen Körpern nicht gut festzustellen ist.

Die meisten organischen Elementarorgane sind nach meinen eigenen Erfahrungen und, soweit mir bekannt, nach dem übereinstimmenden Urtheile fast aller der Forscher, welche sich mit deren Untersuchung in polarisirtem Lichte beschäftigt haben, entweder optisch einachsig mit, je einer der drei Ausmessungen entsprechender, Achsenrichtung, oder es fallen bei zweiachsiger Beschaffenheit die beiden optischen Achsen für ungleiche Ausmessungen zeigende Elementarorgane in eine, die Längenausmessung und eine Querausmessung oder beide Querdimensionen enthaltende Ebene. In selteneren Fällen tritt auch schiefe Richtung der optischen Achse für einachsige Körper, oder eine Neigung der Achsenebene zu der durch je zwei Ausmessungen bestimmten Schnittebene auf. Bei den nachfolgenden Untersuchungen über die Lage der optischen und Elasticitäts-Achsen u. s. w. werde ich mich vorzugsweise auf die Annahme einer senkrechten Stellung derselben stützen. Etwaige, in einzelnen Fällen vorkommende Abweichungen in dieser Beziehung mögen bei den speciellen Untersuchungen der betreffenden Körperformen betrachtet werden.

3. Bestimmung der Achsenrichtung und des positiven oder negativen Charakters.

Einachsige Objecte.

Die einachsige Beschaffenheit vorausgesetzt, fällt die Bestimmung der Achsenrichtung und des positiven oder negativen Charakters in eine einzige Aufgabe zusammen, da die Erscheinungen, welche in Folge der verschiedenen Stellung der optischen Achsen und des wechselnden Charakters unter dem Polarisationsmikroskope beobachtet werden, unmittelbar voneinander abhängig sind.

Bezeichnung der Achsenrichtung. — Die Lage der optischen Achsen steht wie bei den Krystallen so bei den organischen Objecten in bestimmten Beziehungen zu deren Structur und Form, und empfiehlt es

sich daher, für dieselbe eine bestimmte, möglichst vereinfachte und den letzteren angepasste Bezeichnungsweise ein- für allemal festzuhalten. Nun sind die Formen, unter denen die Elementarorgane auftreten, immer mehr oder minder jenen des soliden oder hohlen Prismas, Cylinders, Polyëders, der Hohl- oder Vollkugel ähnlich oder auf dieselben zurückführbar, und wir können uns die Achsenrichtung bei senkrechter Stellung mit einer der drei Ausmessungen zusammenfallend oder ihr parallel verlaufend denken. Bei den prismatischen Körpern kann die optische Achse daher parallel dem Längendurchmesser, parallel den Seitenflächen, aber senkrecht zum Längendurchmesser, endlich senkrecht zu den Seitenflächen und dem Längendurchmesser dahingehen. Geht das Prisma in den Cylinder über, so fällt die erste Richtung mit der Achse, die zweite mit der Tangente, die dritte mit dem Radius zusammen. Da wir uns ausserdem das Prisma als in einem Cylinder beschrieben denken können, so fällt in beiden Körpern die Längsachse zusammen und es entspricht die mit den Seitenflächen parallele Richtung den mit diesen gleichgerichteten Tangenten des Cylindermantels, die auf jenen senkrechte dem Radius. Es wird daher für das Verständniss ausreichen, wenn wir die drei Achsenrichtungen für alle faserartigen Gebilde als axial oder senkrecht, als tangential und als radial bezeichnen.

Betrachten wir das Verhalten der drei Körperformen näher, so kommen für das Prisma und den Cylinder die aufrechte und liegende Stellung, also für mikroskopische Präparate der Querschnitt und der Längsschnitt oder die Längsansicht des isolirten Elementarorganes in Betracht, während für die Körper mit gleichen Ausmessungen, insbesondere für Polyeder und Kugel keine besondere Lage hervorzuheben sein dürfte.

a. Das Prisma.

Es gibt eine nicht unbeträchtliche Anzahl von organischen Präparaten der Elementarorgane, namentlich der Pflanzen, welche sich der Gestalt des hohlen Prismas nähern. Dasselbe kann unter verschiedenen Formen, namentlich als mehr oder minder regelmässiges vier-, fünf-, sechsseitiges Prisma auftreten. Der Einfachheit halber wird es am zweckmässigsten sein, wenn wir von dem vierseitigen Prisma ausgehen, weil sich die Erscheinungen von ihm aus leicht auf die anderen Formen übertragen lassen.

Verhalten des Querschnittes. — Der Querschnitt des vierseitigen Prismas bildet im einfachsten Falle ein Quadrat oder Rechteck. Nehmen wir an, die optische Achse eines zur Untersuchung kommenden Prismas verliefe parallel dem Längendurchmesser desselben, also axial oder senkrecht, so verhalten sich die Seitenwände gleich einem einfach brechenden Körper, und das Gesichtsfeld bleibt bei jeder Orientirung der letzteren dunkel. Geht die optische Achse tangential, also parallel mit den Seitenflächen, aber senkrecht zum Längendurchmesser, oder radial, d. h. senkrecht zu den Seitenflächen dahin, so erscheinen die Wände des Quer-

schnittes nur bei der Orientirung unter 0⁰ und 90⁰, in welcher die beiden ausgezeichneten Ebenen mit den Polarisationsebenen zusammenfallen, dunkel, in jeder anderen Lage mit Interferenzfarben (bei hinreichend dünnen Schnitten weiss bis gelblichweiss glänzend) auf dunkelem Grunde, und zwar in der grössten Helligkeit unter + 45⁰ oder — 45⁰. Wird der Querschnitt so über einem Gypsplättchen eingeschaltet, dass je zwei seiner gegenüberliegenden Seiten mit der einen, die beiden anderen mit der zweiten ausgezeichneten Ebene des ersteren parallel stehen, so zeigen bei positiver Beschaffenheit des Objectes die ersteren ein Steigen, die beiden anderen ein Sinken der Interferenzfarben, wenn die optische Achse tangential dahingeht, die umgekehrten Erscheinungen, wenn dieselbe radial verläuft. Der negative Charakter des Objectes bedingt für beide Lagen eine Vertauschung der Interferenzfarben. Man ersieht hieraus, dass in beiden Fällen weder die Richtung der optischen Achse, noch der positive oder negative Charakter aus dem Verhalten des Querschnittes zu erkennen sind, da ein Wechsel in jener sowohl als in diesem eine Vertauschung der Interferenzfarben bedingt.

Verhalten des Längsschnittes. — Erst das Verhalten des Längsschnittes gewährt im Zusammenhange mit jenem des Querschnittes die erforderlichen Anhaltspunkte zur Lösung der vorliegenden Frage. Ist derselbe so geführt, dass die beiden auf der Achse des Mikroskopes senkrecht stehenden Seitenflächen des prismatischen Objectes hinweggenommen sind und wird er unter + oder — 45⁰ orientirt, so leuchten die beiden stehenden Seitenwände nur dann auf dem dunkelen Grunde des Gesichtsfeldes, wenn die optische Achse senkrecht oder radial gerichtet ist, indem bei tangentialer Richtung die durchgehenden Strahlen keine doppelte Brechung erleiden können. Es bleibt also die radiale Richtung allein übrig, wenn der Querschnitt sich vorher nicht analog einem einfach brechenden Körper verhalten hatte.

Schaltet man jetzt ein Gypsplättchen ein, und es treten parallel der Mittellinie desselben Additionsfarben auf, so ist das Object bei senkrechter Achsenrichtung, also wenn es sich auf dem Querschnitte gleich einem einfach brechenden Körper verhalten hatte, positiv, beim Erscheinen von Subtractionsfarben in derselben Richtung dagegen negativ. Bei radialer Stellung der Achse hat man bei dem Auftreten von Additionsfarben unter + 45⁰ auf negativen, beim Erscheinen von Subtractionsfarben auf positiven Charakter zu schliessen. Ist endlich die optische Achse tangential gerichtet, so wird der rothe Grund durch die beiden stehenden Seitenwände gar nicht geändert. Für das vierseitige Prisma zeigt sonach bei radialer Richtung der Achse der gleiche Charakter der Interferenzfarben in den gleichnamigen Quadranten für Quer- und Längsschnitt den wahrhaft positiven oder negativen Charakter an.

Etwas complicirter wird das Verhalten des Längsschnittes, wenn derselbe, was bei Macerationspräparaten immer der Fall ist, neben den senk-

recht stehenden auch noch eine oder die beiden horizontalen Seitenwände enthält, und wenn diese eine genügende Dicke oder bei geringer Dicke den genügenden Grad von Doppelbrechung besitzen, um zur optischen Wirkung zu gelangen. Es wird jedoch durch diese Complication, namentlich bei Anwendung eines verzögernden Plättchens, die Bestimmung der Achsenrichtung und des Charakters nicht behindert.

Nehmen wir zuerst an, die optische Achse sei senkrecht gerichtet, so müssten sowohl die aufrecht stehenden wie die horizontalen Seitenflächen, je nachdem das Object positiv oder negativ wäre, mit Additions- oder Subtractionsfarben bedeckt sein und es würde das Steigen oder Sinken derselben in den beiden gleichnamigen Flächen nur von der Länge des Weges abhängen, welche die Lichtstrahlen in den ersteren oder letzteren zu durchlaufen hätten. Ginge zweitens die optische Achse radial dahin, so würden bei positivem oder negativem Charakter die stehenden Seitenflächen Subtractions- oder Additionsfarben zeigen, während die horizontalen den rothen Gypsgrund unverändert liessen. Wäre endlich die optische Achse tangential gerichtet, so müssten die stehenden Seitenwände die Farbe des Gesichtsfeldes wiedergeben, während die Deckflächen bei positivem Charakter ein Sinken, bei negativem ein Steigen der Interferenzfarben bedingen würden.

Verhalten mehrseitiger Prismen. — Die übrigen hohlen prismatischen Formen lassen sich leicht auf die eben betrachtete zurückführen, wenn die Seitenflächen eine mässige Dicke haben, während sie bei starker Verdickung dieser letzteren Combinationen darbieten, welche sich in ihrem optischen Verhalten mehr oder weniger dem hohen oder soliden Cylinder nähern.

In dem Querschnitte leuchten bei radialer oder tangentialer Stellung der optischen Achsen alle diejenigen Seitenwände auf dunkelem Grunde, welche nicht mit einer oder der anderen der Polarisationsebenen parallel laufen, und zwar um so heller, je mehr sich ihre Richtung der von + oder — 45° nähert. Eben diese Wände zeigen denn auch bei Einschaltung eines Gypsplättchens in den diametral gegenüberstehenden Quadranten Additions- und Subtractionsfarben, welche von den weiter oben geschilderten Bedingungen abhängig sind.

Für den Längsschnitt tritt nur dann ein näher zu betrachtendes Verhalten ein, wenn schief geneigte Seitenflächen darin vorkommen.

Nehmen wir an, das Object sei positiv, die optische Achse stehe axial und das Prisma sei unter + 45° oder — 45° orientirt, so werden sämmtliche Seitenflächen im ersten Falle ein Steigen der Farben des Gypsplättchens bewirken, also sich in Addition befinden, im anderen Falle aber einen subtractiven Charakter zeigen. Die Interferenzfarben selbst müssen je nach der Lage der Grenzfläche in ihrem Tone verschieden ausfallen. Die horizontal liegenden Seitenflächen werden unter den obigen Voraussetzungen in Bezug auf die Ausmessungen den geringsten Gangunterschied, und somit, sowohl nach der Additions- als

Subtractionsseite hin, die geringste Farbenänderung veranlassen, während bei den geneigten Seitenwänden eine ähnliche Wirkung eintritt, wie bei einem, um einen horizontalen, in der Achsenebene gelegenen Durchmesser gedrehten Gypsplättchen. Wir werden in der letzteren ein höheres Steigen der Additionsfarben und ein tieferes Sinken der Subtractionsfarben wahrnehmen als bei den ersteren. Bei den aufrechtstehenden Seitenflächen ist die Farbenänderung von dem Breitendurchmesser derselben abhängig. Da dieser indessen den Dickendurchmesser in der Regel mehrfach übertrifft, so werden wir bei ihnen im Allgemeinen die höchsten Additionsfarben und die tiefsten Subtractionsfarben erhalten. Geht die Achse radial dahin, so werden die auf den Kanten stehenden Seitenwände unter + 45⁰ oder — 45⁰ die stärkste Subtraction oder Addition zeigen, welche in den geneigten Seitenflächen, die sich gleich einem um einen zur Mittellinie senkrechten Durchmesser gedrehten Gypsplättchen verhalten, im Verhältnisse ihrer Neigung abnimmt, um endlich in den horizontalen Flächen in die Farbe des Gesichtsfeldes überzugehen. Ist endlich die optische Achse tangential gerichtet, und das Object unter + 45⁰ oder — 45⁰ orientirt, so geben die auf den Kanten stehenden Seitenflächen die Farbe des Gesichtsfeldes wieder. In den geneigten Seitenflächen macht sich, da wir hier den gleichen Fall haben, als ob wir das Gypsplättchen um eine auf der Mittellinie senkrechte Linie aus der senkrechten Lage in die horizontale zurückdrehten, eine der Neigung entsprechende Subtraction oder Addition geltend, welche in den horizontalen Wandungen ihr Maximum erreicht.

Der negative Charakter bedingt in allen diesen Fällen eine Vertauschung der Additions- und Subtractionsfarben.

Prisma mit geneigter optischer Achse. — In den voranstehenden Untersuchungen wurde vorausgesetzt, dass die optische Achse mit einer der drei räumlichen Dimensionen zusammenfalle. Ist dieses nicht der Fall, sondern weicht die erstere in ihrer Richtung mehr oder weniger von den letzteren ab und nimmt eine schiefe Lage an, so ändern sich die Erscheinungen und erschweren die Entscheidung. Das prismatische Object erscheint jetzt weder auf dem Querschnitte noch auf dem Längsschnitte und in keiner Lage dunkel oder gibt den rothen Gypsgrund wieder, während es in der Orientirung von + oder — 45⁰ die lebhaftesten Farben zeigt.

Der einfachere Fall ist der, wo die optische Achse senkrecht auf der dem Radius des umschriebenen Cylinders entsprechenden Linie steht und die Längsachse unter irgend einem schiefen Winkel schneidet, also in einem Tangentialschnitte liegt.

Schaltet man das Prisma über einem Gypsplättchen ein, so äussert diese schiefe Stellung der Achse in Bezug auf die aufrecht stehenden Wände keine auffallende Wirkung, dagegen macht sich dieselbe in den geneigten oder horizontalen Wänden in um so grösserem Maasse geltend, als der Neigungswinkel wächst und die oberen und unteren, d. h. die dem Beobachter zu- und abgewendeten in dem Präparate erhalten sind.

Beträgt der Neigungswinkel 45°, so wirken die beiden horizontal liegenden Flächen wie zwei Plättchen, deren homologe Schwingungsebenen sich unter rechtem Winkel kreuzen, und geben den rothen Gypsgrund wieder, während die schief geneigten Seitenflächen sich je nach dem optischen Charakter des Objectes in geringer Addition oder Subtraction befinden. Sinkt der Neigungswinkel unter 45°, so werden sich die geneigten und horizontalen Seitenflächen in gleicher Weise verhalten, wie die stehenden Wände, nur dass die Farben dort je nach dem Charakter des Objectes einen tieferen oder höheren Ton zeigen. Steigt der Neigungswinkel endlich über 45°, so werden die stehenden und horizontalen Seitenwände das entgegengesetzte Verhalten beobachten lassen, d. h. es befinden sich die Interferenzfarben hier in Subtraction, dort in Addition und umgekehrt. Die geneigten Seitenwände können je nach der Grösse des Neigungswinkels der optischen Achse und ihrer Flächen entweder den rothen Gypsgrund wiedergeben, oder sich analog den stehenden oder horizontalen Seitenwänden verhalten.

Verläuft die radial gestellte Achse schiefwinklig, so können zwei Fälle vorkommen, je nachdem dieselbe die Längenausmessung schiefwinklig schneidet und in den radialen Längsschnitt fällt, oder auf jener senkrecht steht und in dem senkrechten Querschnitte liegt. Im ersteren Falle ist das Verhalten nicht wesentlich von dem früher geschilderten bei radialer Achsenrichtung verschieden, es ändert sich nur dahin, dass die horizontalen Deckflächen den Gypsgrund nicht wiedergeben, indem in denselben die Lichtstrahlen nirgends mit der Achse parallel sind. Im zweiten Falle verschwinden auf dem Querschnitte die Seitenwände nicht in dem Polarisationsmikroskope, sei es mit, sei es ohne Einschaltung eines Gypsplättchens, wenn dieselben mit den Polarisationsebenen gleich gerichtet sind, ebensowenig zeigen sie ihren höchsten Glanz unter + oder — 45°. Der Abweichungswinkel, unter welchem letzteres Verhalten eintritt, ist hier immer gleich demjenigen Winkel, welchen die optische Achse mit dem Radius des umschrieben gedachten Cylinders macht. Auf der Längsansicht erscheinen die stehenden Wände ebenso wie bei wirklich radialer Achsenrichtung, die horizontalen Wände aber nicht neutral. Dagegen können die geneigten Seitenwände neutral erscheinen, wenn dieselben gegen die Horizontalebene unter demselben Winkel geneigt sind, wie die optische Achse gegen den Radius des umschriebenen Cylinders.

Hat endlich die optische Achse eine solche Richtung, dass sie weder in dem Längs- noch in dem Radial- oder Tangentialschnitte liegt, so ist zwar das Verhalten des Querschnittes nahezu ähnlich dem soeben geschilderten, aber der Längsschnitt zeigt eine unbestimmbare Farbengebung.

Der Cylinder.

Die bei der Untersuchung organischer Objecte am häufigsten vorkommenden Formen lassen sich auf den hohlen oder soliden Cylinder zurückführen.

Bei Betrachtung dieses Körpers müssen wir von der Voraussetzung ausgehen, dass dessen Wände aus concentrisch optisch gleichwerthigen Schichten gebildet, d. h. die Spannungsverhältnisse und die ganze physikalische Constitution derart seien, dass sie in jedem Punkte aller von dem Centrum ausstrahlender Radien in gleicher Weise zum Ausdrucke kommen.

Wie bei der vorhergehenden, haben wir auch bei dieser Form den Quer- und Längsschnitt, d. h. den senkrecht stehenden und liegenden Cylinder zu betrachten.

Senkrecht stehender Cylinder. — Geht die optische Achse axial oder senkrecht dahin, so wird der Querschnitt des hohlen wie des soliden Cylinders sich nur dann gleich einem einfach brechenden Körper verhalten, wenn derselbe eine sehr geringe Ausdehnung besitzt. Ist diese dagegen eine bedeutendere, so tritt, da in dem Mikroskope zum grossen Theile schief durch das Object gehende Strahlen zur Geltung kommen, in demselben, wie in einer senkrecht zur Achse geschnittenen einachsigen Platte, bei weissem Lichte das unter 0^0 und 90^0 verlaufende schwarze Kreuz auf. Die zwischenliegenden Quadranten sind von den gleichen Interferenzfarben (bei dünnen Schnitten grauweiss, weiss, gelblichweiss) erhellt, welche in den unter + oder — 45^0 dahingehenden Richtungen ihre grösste Intensität zeigen.

Das dunkele Kreuz und die mit Interferenzfarben erhellten Quadranten treten unter allen Verhältnissen bei der radialen oder tangentialen Richtung der optischen Achsen auf, indem dabei immer die beiden aufeinander senkrechten Schwingungsebenen des Objectes mit den Polarisationsebenen der beiden Nicols parallel gerichtet sind.

Beobachtet man den senkrecht stehenden, quergeschnittenen Cylinder unter Einschaltung des Gypsplättchens, so hat man in demselben, wie bei dem Prisma, die gleichen Interferenzfarben nebeneinander, welche nacheinander auftreten, wenn man ein parallel zur Achsenebene geschnittenes Plättchen um einen senkrechten Durchmesser dreht.

An Stelle des schwarzen Kreuzes tritt jetzt ein solches auf, welches die rothe Farbe des Gesichtsfeldes wiedergibt. Von den zwischen den zwei neutralen Durchmessern liegenden Quadranten zeigen die beiden unter + 45^0, ebenso die unter — 45^0 orientirten, die gleichen, also Additions- oder Subtractionsfarben, welche einerseits von der Richtung der optischen Achsen, andererseits von dem positiven oder negativen Charakter des betreffenden Objectes abhängig sind.

Nehmen wir an, die optische Achse verlaufe radial und der Körper sei positiv, so treffen in dem Durchmesser + 45^0 die gleichnamigen Schwingungsebenen des Gypsplättchens und des Cylinderquerschnittes zusammen und es treten in den entsprechenden Quadranten Additionsfarben auf. Unter dem Durchmesser von — 45^0 dagegen fallen die ungleichnamigen Schwingungsebenen aufeinander und es müssen in den beiden diesem Durchmesser entsprechenden, mit den ersteren abwechselnden Quadranten Subtractionsfarben erscheinen.

Der negative Charakter bedingt eine Vertauschung der Interferenzfarben, d. h. es erscheinen die Subtractionsfarben unter + 45°, die Additionsfarben unter — 45°. Dieselbe Vertauschung muss, wie leicht einzusehen, bei positivem Charakter die auf der radialen senkrechte, tangentiale Richtung der optischen Achse hervorbringen. Es folgt hieraus, dass radiale Richtung der optischen Achse und positiver Charakter die gleichen Interferenzfarben in denselben Quadranten bedingen, wie tangentiale Richtung der Achse und negativer Charakter und umgekehrt. Der Querschnitt des doppelt brechenden Cylinders ist also für sich allein keineswegs hinreichend, um mit Sicherheit über die Richtung der optischen Achse oder über den Charakter eines Objectes zu entscheiden, solange nicht eines dieser Verhältnisse bekannt ist.

Ebensowenig, wie die Einschaltung eines Gypsplättchens, vermag die Ueberführung des linear polarisirten Lichtes in kreisförmig polarisirtes mittelst eines 1/4 Glimmerplättchens ein entscheidendes Moment abzugeben. Das schwarze Kreuz wird dadurch in zwei zu einer der beiden ausgezeichneten Ebenen des verzögernden Plättchens senkrechte Büschel übergeführt, die sich von der Mitte des Querschnittes aus nach dessen Umfang verbreitern. Geht die optische Achse radial dahin, so fallen bei der positiven Beschaffenheit des Objectes unter + 45° die ungleichnamigen, unter — 45° die gleichnamigen Schwingungsebenen des Glimmerplättchens und des Cylinderquerschnittes zusammen, und wir erhalten die dunkelen Büschel in dem + 45° entsprechenden Quadranten. Bei negativem Charakter treffen die gleichnamigen Schwingungsebenen unter + 45°, die ungleichnamigen unter — 45° aufeinander, und wir haben die Büschel in den der letzten Richtung entsprechenden Quadranten. Eine vollständige Umkehrung dieser Resultate muss eintreten, wenn die optische Achse in tangentialer Richtung verläuft.

Liegender Cylinder. — Für die Beobachtung des Längsschnittes oder des liegenden Cylinders gestalten sich die Verhältnisse weit complicirter, als bei dem Prisma, indem die optisch wirksamen Elemente in jedem Radius desselben eine andere Neigung gegen die Achse des Polarisationsmikroskopes, wie gegen die Achsenebene des verzögernden Plättchens erlangen.

Da übrigens die Erscheinungen, welche bei feinen Längsschnitten auftreten, sich entweder auf jene bei dem Prisma beobachteten, oder auf die an dem liegenden Cylinder zu Tage tretenden mit Leichtigkeit zurückführen lassen, so mag es genügen, nur letzterem eine eingehendere Betrachtung zu widmen.

Ist die Wanddicke des Hohlcylinders nur unbedeutend, so erscheint derselbe während der Drehung um eine senkrechte Achse unter den Durchmessern + und — 45° mit von grauweiss bis zu gelblichweiss wechselnden Farben leuchtend auf dem dunkelen Grunde, während er unter den Durchmessern 0° und 90° auf dem letztern verschwindet. Bei axialem Verlaufe der optischen Achse, zeigt der ganze Cylinder diese

Interferenzfarben, während bei radialem auf der Mitte desselben ein dunkeler Streifen erscheint, bei tangentialer Richtung deren zwei an den Rändern auftreten.

Wird die Wanddicke beträchtlicher, oder geht der Hohlcylinder in den Vollcylinder über, so treten höhere Interferenzfarben von der ersten bis zu den höheren Ordnungen auf, welche an bestimmten Stellen des Umfanges je nach der Dicke der sich summirenden Wandschichten, sowie nach der Lage der optischen Achsen wechseln, im Uebrigen aber der Längsachse des Cylinders parallel verlaufende Streifen bilden.

Ist die optische Achse parallel mit der Cylinderachse, also senkrecht gerichtet, so können wir uns den Cylinder als aus einer unendlich grossen Anzahl parallel zur Achse geschnittener nahezu parallelflächiger oder doch nur schwach keilförmiger Plättchen zusammengesetzt vorstellen, von denen jedes eine andere Neigung gegen die Achse des Polarisationsmikroskopes besitzt, und von denen — namentlich in der Nähe der Ränder — Schichten mit den homologen Schwingungsebenen zusammentreffender, übereinander gelegter Plättchen repräsentirt werden. Wir haben also einerseits ähnliche Erscheinungen, wie wenn man ein Gypsplättchen um eine horizontale Achse dreht, andererseits jene Wirkungen, welche die Verbindung mehrerer dünner verzögernder Plättchen zu einem, einer einzigen dickeren Platte gleichkommenden Plattensatze hervorbringen, und beide combiniren sich für die einzelnen Stellen des Cylinderumfanges bis zur Mitte hin in bestimmten, durch die, jener Drehung entsprechenden Richtungen der Radien des Querschnittes bedingten Verhältnissen. Die Interferenzfarben beginnen sowohl bei der Orientirung unter + 45°, als unter — 45° am Rande, und steigen über eine kurze Strecke des Breitendurchmessers rasch in der Newton'schen Scale, so dass die der Cylinderachse parallel verlaufenden Streifen nur schmal bleiben. Von da an, bis etwa zu $^1/_4$ der Breite geht das Steigen allmälig etwas langsamer, so dass die Interferenzstreifen breiter werden, vermindert sich bis zur Mitte für den Vollcylinder noch mehr, und es erscheint der grösste Theil der Mitte des Cylinders nur von einer einzigen und zwar der höchsten Interferenzfarbe bedeckt. Für den Hohlcylinder mit mässig stark bis stark verdickten Wandungen dagegen tritt von da an, wo der Hohlraum zur Ansicht kommt, ein rasches, meist unregelmässiges Sinken der Interferenzfarben ein, so dass die Farbe der Mitte, wo nur die dem Beobachter zu- und abgewendeten Wandstücke zur Geltung kommen, gegen die höchste des Randbezirkes um einige bis mehrere Töne zurücksteht.

Nach Einschaltung eines Gypsplättchens steigen bei positivem Charakter und Orientirung des liegenden Cylinders unter + 45° die in Addition befindlichen Interferenzfarben vom Rande aus gegen die Mitte, während dieselben bei der Orientirung unter — 45° in derselben Richtung in Subtraction bis dahin sinken, wo sich die beiden gleichen Farben des Gypsgrundes und des (ohne Gypsplättchen beobachteten) Ob-

jectes löschen, und dann, immer noch in Subtraction befindlich, wieder steigen, so dass — abgesehen von den für den Hohlcylinder leicht zu bemessenden Abweichungen — die Mitte die höchste Farbe zeigt. Der negative Charakter bedingt auch hier, wie bei dem Querschnitte, eine Vertauschung der Interferenzfarben, so dass unter + 45⁰ Subtractionsfarben, unter — 45⁰ Additionsfarben auftreten.

Verläuft die optische Achse radial, so erhalten wir in Folge der Zerlegung des Cylinders in eine unendliche Anzahl von dünnen keilförmigen Plättchen zwei bis zu einem gewissen Grade einander entgegengesetzte Wirkungsweisen dieser. Einmal tritt nämlich dieselbe Erscheinung zu Tage, als ob wir das Gypsplättchen um einen zu seiner Mittellinie senkrechten Durchmesser gedreht hätten, dann aber erscheint auch die Wirkung der einfachen Verdoppelung. In Folge der ersteren würden die Interferenzfarben ein Sinken vom Rande aus gegen die Mitte zeigen, wo der Cylinder wegen der zur Wirkung gelangenden optischen Achse einen neutralen d. h. dunkelen Streifen haben muss. In Folge der Verdoppelung dagegen müssten die Interferenzfarben vom Rande aus soweit steigen, als diese in Betracht käme. Die Betrachtung des Cylinderquerschnittes zeigt nun, dass in den Randbezirken die Wirkung der Verdoppelung über die der Drehung überwiegt, gegen die Mittelbezirke hin die letztere aber vorzugsweise zur Geltung kommen muss. Der unter + 45⁰ oder — 45⁰ orientirte Cylinder ist daher mit Ausnahme des mittleren dunklen Streifens mit Farbenstreifen bedeckt, welche folgende Anordnung erkennen lassen. Vom Rande aus steigen die Farben schnell bis zu einem gewissen Bezirke hin, und gehen dann für den Vollcylinder in minder rascher, für den Hohlcylinder mit mässig dicken Wänden in rascherer Folge bis zu dem neutralen Streifen zurück.

Auf einem Gypsplättchen steigen bei positivem Charakter und in der Lage — 45⁰ die Farben in Addition vom Rande aus rasch, und gehen dann bis zur Mitte zurück, wo ein die Farbe des Gesichtsfeldes wiedergebender Streifen erscheint. Bei der Orientirung im Durchmesser von + 45⁰ dagegen findet in Subtraction zuerst ein Sinken, dann ein rasches Steigen, hierauf nochmals ein Sinken und endlich ein Steigen der Farben bis zur Mitte statt. Der negative Charakter bedingt eine Vertauschung der Interferenzfarben.

Der tangentiale Verlauf der optischen Achse verlangt, um die an dem liegenden Cylinder zu beobachtenden Farbenerscheinungen zu bestimmen, eine etwas andere Betrachtungsweise, als in den beiden vorhergehenden Fällen. Wir müssen uns denselben als aus unendlich vielen annähernd parallelflächigen, von der Mantelfläche nach der Achse hin keilförmigen Plattensätzen zusammengesetzt denken, deren jeder aus parallel geschichteten, parallel zur Achse geschnittenen Plättchen besteht, und in denen diese letzteren gegen die Achse des Polarisationsmikroskopes unter demselben Winkel geneigt sind, wie der entsprechende Radius gegen die Horizontale. In dem senkrechten Durchmesser des Querschnit-

tes haben die Plättchen eine horizontale, in dem horizontalen eine senkrechte Lage, und es findet somit in jedem Quadranten eine Folge der Neigung derselben gegen die Achse des Mikroskopes statt, als ob man ein Gypsplättchen um einen senkrecht auf der Mittellinie stehenden Durchmesser aus der horizontalen Lage in die senkrechte gedreht hätte. Der Cylinder zeigt, wie leicht einzusehen, dieselben Farbenerscheinungen, wie derjenige mit senkrecht gerichteter optischer Achse. Derselbe ist mit farbigen Interferenzstreifen bedeckt, an beiden Rändern aber, da hier die senkrecht stehende optische Achse zur Wirkung kommt, dunkel. Von dem dunkelen Rande aus, der durch die niedrigsten Töne der Farben erster Ordnung, die nur schwer unterscheidbar sind, noch etwas verbreitert wird, steigen die in Addition befindlichen Farben nach der Mitte, wenn der Cylinder unter + 45⁰ orientirt ist. Ebenso ist das Verhalten bei einer Orientirung unter — 45⁰ und bei Einschaltung des Gypsplättchens das gleiche wie das früher beschriebene, nur dass im letzten Falle die Ränder die Farbe des Gesichtsfeldes wiedergeben. Auf dem Gypsplättchen befinden sich die Interferenzfarben unter + 45⁰ in Subtraction, unter — 45⁰ in Addition, und der negative Charakter macht sich durch die Vertauschung der Additions- und Subtractionsfarben bei + und — 45⁰ geltend.

Cylinder mit geneigter optischer Achse. — Ist die optische Achse nicht senkrecht gestellt, so kommen bei dem Cylinder dieselben Fälle in Betracht, wie bei dem Prisma. Steht die im Tangentialschnitt liegende optische Achse senkrecht auf dem Radius und schneidet die Längsachse unter einem halben rechten Winkel, so erscheint bei der Orientirung unter 45⁰ auf dem Hohl- und Vollcylinder eine neutrale Linie, indem in dieser sich die homologen Schwingungsebenen der unteren und oberen Hälfte des Cylinders unter rechtem Winkel kreuzen. Die Interferenzfarben am Rande, wie nach der Mitte hin, werden aber das gleiche Verhalten zeigen, d. h. je nach dem positiven oder negativen Charakter des Objectes sich in Addition oder Subtraction befinden, was auch für den Fall gilt, dass jener Winkel weniger als 45⁰ beträgt. Steigt der Neigungswinkel über 45⁰ hinaus, so tritt zwischen Randtheilen und Mitte ein ungleiches Verhalten ein. Befinden sich dort die Interferenzfarben in Addition, so erscheinen sie hier in Subtraction und umgekehrt, je nachdem das Object von verschiedenem Charakter ist. Kommt an Stelle des Vollcylinders oder des dickwandigen Cylinders ein solcher mit dünnen Wandungen, so treten in letzterem Falle in einer, dem Neigungswinkel entsprechenden Entfernung von der Mitte aus zwei neutrale Streifen auf, welche entweder das dunkele Gesichtsfeld oder den rothen Gypsgrund wiedergeben. Der Querschnitt verhält sich jetzt in keiner Lage und unter keinen Umständen gleich einem einfach brechenden Körper, sondern zeigt das bekannte neutrale Kreuz.

Fällt die optische Achse in den Diametralschnitt und ist zur Längsachse geneigt, so zeigt sich auf dem Querschnitt das Polarisa-

tionskreuz, wie bei senkrecht radialer Richtung der Achse. Auf dem Längsschnitt kommt aber die neutrale Mittellinie nicht zum Vorschein, und die Interferenzstreifen zeigen eine nicht genau bestimmte, der Newton'schen Scala entsprechende Folge.

Ist die optische Achse in dem senkrechten Querschnitte gelegen, so erscheint auf dem Querschnitte des Cylinders ein Polarisationskreuz, dessen Arme nicht mit den Projectionen der Polarisationsebenen zusammenfallen, sondern eine, je nach der Grösse des Neigungswinkels der Achse verschiedene Neigung gegen dieselben haben. Der liegende Cylinder ist ganz mit Interferenzstreifen bedeckt, welche zu beiden Seiten der Mitte symmetrisch geordnet sind, da je zwei diagonal einander gegenüberliegende Quadranten die gleiche Wirkung hervorbringen. Die Folge der Farben ist indessen nicht gleich der des Cylinders mit senkrechter radialer Achse, d. h. sie fällt nicht mit jener der Newton'schen Ringe zusammen.

Liegt endlich die optische Achse in keiner der drei Schnittebenen, so beobachtet man auf dem Querschnitt ein gegen die Polarisationsebenen schief gestelltes Kreuz und der Längsschnitt oder der liegende Cylinder erscheint mit unregelmässig angeordneten in ihrer Folge nicht bestimmten Farbenstreifen bedeckt.

Die Kugel.

In der Kugel können wir uns die senkrechte und radiale Richtung der optischen Achse in der letzteren zusammenfallend denken, so dass in dieser Beziehung nur zwischen radial und tangential zu unterscheiden wäre. Da aber diese Richtung bei den nach allen möglichen Dimensionen des Raumes ausstrahlenden Radien eine stets wechselnde ist, so bietet die Vorausbestimmung der statthabenden Erscheinungen ausserordentliche Schwierigkeiten dar, so dass wir uns auf die Betrachtung der Kugel mit radialem Verlaufe der optischen Achse beschränken müssen.

Bei der Bestimmung der optischen Verhältnisse dieser Kugel wollen wir in Bezug auf die Beschaffenheit der Materie u. s. w. von derselben Voraussetzung ausgehen, wie bei dem Cylinder, und können uns dieselben aus einer unendlichen Anzahl von Diametralschnitten zusammengesetzt denken, von denen jeder einem liegenden Cylinder entspricht und unter einem anderen Winkel orientirt ist, so dass wir bei diesem Körper die Erscheinungen zugleich überblicken, welche bei der Drehung des letzteren in verschiedenen Zeitfolgen auftreten.

Beobachten wir die Kugel auf dem dunkelen Gesichtsfelde, so erhalten wir in dem zugekehrten Pole, da in demselben die optische Achse zur Wirkung kommt und in dessen nächster Umgebung nur die niedrigsten Töne der Farbenringe auftreten, Dunkelheit, und von da aus ein in den Richtungen unter 0^0 und 90^0 dahingehendes dunkeles Kreuz. Die zwischen dessen Armen liegenden Quadranten sind von Interferenzfarben erhellt, die nach den Durchmessern unter $+ 45^0$ und $- 45^0$ hin

an Intensität zunehmen und in diesen ihren höchsten Glanz erlangen. Die Farben selbst haben dieselbe Folge, wie in dem liegenden Cylinder mit radial gestellter Achse, d. h. es steigen dieselben von dem Rande aus bis zu einer gewissen Zone der zugekehrten Oberfläche, und gehen dann langsam zurück bis zu dem indifferenten Mittelpunkte.

Nach der Einschaltung des Gypsplättchens geben die neutrale Mitte und das Kreuz die Farbe desselben wieder. Der positive Charakter bedingt in den beiden dem Durchmesser + 45⁰ entsprechenden Quadranten das Auftreten von Additionsfarben, in den anderen beiden dem Durchmesser von — 45⁰ zugehörigen das Erscheinen von Subtractionsfarben. Der negative Charakter ruft eine Vertauschung dieser Farben hervor.

Zweiachsige Objecte.

Bei den zweiachsigen Körpern haben wir es in Bezug auf die Lage der optischen Achsen nicht mehr mit so einfachen Verhältnissen zu thun, wie bei den einachsigen. Wir können hier überhaupt nicht die Richtung der Achsen selbst genau bestimmen, sondern nur untersuchen, in welcher von den drei auf einander senkrechten, durch je zwei der räumlichen Dimensionen bestimmten Ebenen dieselben liegen, wodurch, da immer die Achsen der grössten und kleinsten Elasticität in dieser Ebene enthalten sind, die Richtung der drei Elasticitätsachsen bestimmt ist.

Beziehen wir diese Ebenen auf den Cylinder, so erscheint die eine als Diametral-, die andere als Tangential-, die dritte als Querschnitt. Für die geradflächig begrenzten Körper, d. h. für das Prisma, fällt der erstere mit einer auf den Wandflächen oder Schichten senkrechten, in der Längenausmessung liegenden, der zweite mit einer in derselben Ausmessung dahingehenden mit der Wandfläche oder den Schichten parallelen, der dritte mit einer auf der Längendimension und auf den Wandflächen oder den Schichten senkrechten Ebene zusammen.

Auch hier kommen für das Prisma wie den Cylinder die aufrechte und liegende Stellung (Quer- und Längsschnitt) in Betracht.

Das Prisma.

Prisma mit den räumlichen Dimensionen entsprechenden Elasticitätsachsen. — Der Querschnitt des Prismas verhält sich jetzt nie gleich einem einfach brechenden Körper, da unter keinen Umständen eine der optischen Achsen zur Geltung gelangt. Diejenigen Wände, welche unter 0⁰ und 90⁰ orientirt sind, geben das dunkele Gesichtsfeld wieder, während alle unter anderen Durchmessern dahingehenden Interferenzfarben zeigen, welche unter + oder — 45⁰ ihre höchste Helligkeit erreichen.

Auf einem Gypsplättchen liegend geben die mit den Schwingungsebenen der beiden Nicols parallel gerichteten Wände den rothen Grund wieder, während die in anderen Richtungen dahingehenden Interferenzfarben zeigen, welche in je zwei + 45⁰ und — 45⁰ entsprechenden

Quadranten des Gesichtsfeldes den gleichen additionalen oder subtractiven Charakter besitzen. Ob die gleichnamigen Farben in den einen oder anderen beiden sich diametral gegenüberstehenden Quadranten auftreten, hängt einestheils von der Richtung der Achsenebenen, anderentheils von dem positiven oder negativen Charakter des Objectes ab. Zur Lösung der uns vorliegenden Frage haben wir also hier vom Querschnitte ebensowenig Aufklärung zu erwarten, wie bei den einachsigen Körpern. Wir müssen demnach unsere Anhaltpunkte aus dem combinirten Verhalten von Querschnitt und liegendem Prisma entnehmen.

Dünne Längsschnitte, auf denen blos die senkrechten Seitenwände erscheinen, lassen für sich auch noch keine Entscheidung zu, indem jene unter + und — 45⁰ dahingehenden unter allen Umständen in den niedrigeren Tönen der ersten Ordnung (Grau bis Gelbweiss) auf dem dunkelen Grunde leuchten. Erst die Einschaltung des Gypsplättchens kann die nöthigen Daten liefern. Nehmen wir an, es sei die Achsenebene in einem Diametralschnitt gelegen, es gehe also die Mittellinie parallel der Längsachse, die mittlere Elasticitätsachse in tangentialer Richtung dahin, und es sei das Object von positivem Charakter, so zeigen die stehenden Längswände des Längs- und Querschnittes Additionsfarben, wenn sie unter + 45⁰, Subtractionsfarben, wenn sie unter — 45⁰ orientirt sind; der negative Charakter ruft eine Vertauschung der Interferenzfarben hervor. Liegt die Achsenebene in dem Tangentialschnitt, und es verläuft die Mittellinie in der Richtung der Tangente, die Achse der mittleren Elasticität radial, so befinden sich die Wände des Längschnittes, sobald sie unter + 45⁰ orientirt sind und das Object positiv ist, in Subtraction, wenn sie unter — 45⁰ dahingehen, in Addition. Im Querschnitt findet das Umgekehrte statt, und der negative Charakter bedingt für Längs- und Querschnitt eine Vertauschung der Interferenzfarben. Fällt die Achsenebene mit dem Querschnitt zusammen, und es verläuft die Mittellinie radial, die Achse der mittleren Elasticität parallel der Längsachse, so haben wir bei positivem Charakter im Quer- und Längsschnitt unter — 45⁰ Additionsfarben, unter + 45⁰ Subtractionsfarben, während der negative Charakter eine Vertauschung der Interferenzfarben veranlasst. Kommen zu den senkrecht stehenden Seitenwänden noch die horizontalen oder Deckflächen hinzu, so entstehen ähnliche Erscheinungen, wie sie bei den einachsigen Körpern geschildert wurden.

Bei axialer Richtung der Mittellinie zeigen die stehenden sowohl wie die horizontalen und die geneigten Seitenwände unter + 45⁰ Additionsfarben, unter — 45⁰ Subtractionsfarben für den positiven und eine Umkehrung derselben für den negativen Charakter. Die höchsten oder tiefsten Töne der einen und anderen Farben werden sich auch hier wie früher wegen der geringen Dicke der Wandungen in den stehenden Wänden finden. Ebenso wird sich der Längsschnitt für die tangentiale Stellung der Mittellinie verhalten, d. h. es werden die geneigten und horizontalen Seitenwände den gleichen Farbencharakter beobachten lassen, wie die ste-

henden. Ist die Mittellinie radial gerichtet, so haben die horizontalen Seitenflächen den entgegengesetzten Farbencharakter wie die stehenden, während diese sich in Subtraction befinden, beobachtet man auf jenen Additionsfarben und umgekehrt. Die geneigten Seitenflächen können sich entweder mehr den ersteren oder den letzteren nähern, aber auch unter Umständen, d. h. dann, wenn ihre Neigung eine solche ist, dass eine der optischen Achsen senkrecht zu stehen kommt, neutral verhalten und die Farbe des Gesichtsfeldes wiedergeben. Wir haben nämlich dieselben Erscheinungen, wie wenn wir ein senkrecht zur Mittellinie geschnittenes, verzögerndes Plättchen vom Rande nach der Mitte hin aus der senkrechten in die horizontale Lage zurückgedreht hätten.

Prisma mit geneigten Elasticitätsachsen. — Bei geneigter Stellung der Elasticitätsachsen, von denen entweder je eine mit einer der drei Ausmessungen des Prismas oder mit dem Radius, der Tangente oder der Längsachse des umschriebenen Cylinders zusammenfallen, oder welche sämmtlich mit diesen schiefe Winkel bilden können, treten für die zweiachsigen Objecte eine grössere Reihe von Complicationen auf, wie bei den einachsigen. Für den ersten Fall, wo zwei in dem Tangentialschnitte liegende Elasticitätsachsen schief verlaufen, die dritte mit dem Radius oder der auf den Seitenwänden senkrechten Richtung zusammenfällt, gibt es drei Unterfälle, je nachdem die eine oder die andere der ersteren diese Lage annimmt. Stehen die Achsen grösster und kleinster Elasticität auf dem Radius, mit welchem die Achse der mittleren Elasticität zusammenfällt, senkrecht und schneiden die Längenausmessung unter einem schiefen Winkel, so tritt dasselbe Verhalten ein, wie in dem oben bei den einachsigen Körpern geschilderten Falle, wo die optische Achse mit der Längenausmessung einen schiefen Winkel bildete. Fällt die grössere Elasticitätsachse mit dem Radius zusammen und es schneiden die beiden anderen die Längenausmessung schiefwinklig, so haben wir für die stehenden, geneigten und horizontalen Wände des Prismas den gleichen additionalen oder subtractionalen Charakter der Interferenzfarben, wenn der Winkel, welchen die kleinste Elasticitätsachse mit der Längsachse bildet, kleiner als 45° ist. Wird dieser Winkel gleich 45°, so erscheinen die stehenden und geneigten Flächen in gleichem Charakter, die horizontalen neutral. Erreicht derselbe eine Grösse über 45°, so haben die stehenden und horizontalen Wände den entgegengesetzten Farbencharakter, während die geneigten, je nach ihrer Neigung, entweder den ersteren oder letzteren sich nähern oder neutral erscheinen können. Geht endlich die kleinste Elasticitätsachse in dem Radius dahin und wird die Längsachse des Prismas von den Achsen der grössten und mittleren Elasticität unter schiefen Winkeln geschnitten, so haben wir ein ähnliches Verhalten wie bei den optisch einachsigen Körpern, wenn die optische Achse die Längsachse schiefwinklig schneidet.

Fällt im anderen Falle eine der drei Elasticitätsachsen mit der Tangente zusammen und es schneiden die beiden anderen, welche in einem Radialschnitte liegen, die Längsachse des Prismas sowie den Radius unter schiefen Winkeln, so können ebenfalls drei Unterfälle auftreten, je nachdem eine der drei Elasticitätsachsen die erstere Lage einnimmt. Alle drei stimmen darin überein, dass weder die Farbenfolge noch deren Vertheilung über die Seitenflächen bestimmt sind. Auf dem Querschnitte erscheinen bald die unter $+ 45^0$, bald die unter $- 45^0$ dahingehenden aufrecht stehenden Wände in Additions- oder Subtractionsfarben, je nachdem die Achsen grösserer oder kleinerer Elasticität mit der Tangente des umschriebenen Cylinders zusammenfallen.

Aehnlich gestalten sich die Unterfälle für den dritten Fall, wo die eine der drei Elasticitätsachsen mit der Längenausmessung zusammenfällt, und die beiden anderen, in dem Querschnitte liegenden mit Radius und Tangente des umschriebenen Cylinders schiefe Winkel bilden. Sie stimmen in der Anordnung der Farben in den verschieden gestellten Seitenflächen überein, wenn das Prisma unter $+ 45^0$ oder $- 45^0$ orientirt ist. Da jedoch hier je zwei einander diagonal gegenüberliegende, schief geneigte Seitenflächen und ebenso die beiden horizontalen Flächen gleiche Wirkung äussern müssen, so ist die Vertheilung der Farben in den Seitenflächen eine nach beiden Seiten hin symmetrische. Unter 0^0 oder 90^0 orientirt muss sich das Prisma ebenso verhalten, wie ein solches mit senkrecht gerichteten Achsen, indem die Schwingungsebenen mit den Polarisationsebenen zusammenfallen. Auf dem Querschnitte macht sich die in Frage kommende Stellung der Achsen dadurch geltend, dass die Seitenwände ihren höchsten Glanz nicht mehr in der $+$ oder $- 45^0$ entsprechenden, sondern in einer unter anderen Winkeln dahingehenden Lage zeigen. Ob die in der einen oder der anderen auf ihr senkrechten Richtung stehenden Wände Additions- oder Subtractionsfarben beobachten lassen, hängt davon ab, ob die grössere der beiden in dem Querschnitte liegenden Elasticitätsachsen den Radius oder die Tangente unter dem kleineren Winkel schneidet.

Haben die Elasticitätsachsen eine solche Lage, dass keine derselben mit einer der drei Richtungslinien des um das Prisma beschriebenen Cylinders zusammenfällt, so ist weder die Farbenfolge noch deren Charakter für die Längswände bestimmt, während der Querschnitt ein ähnliches Verhalten zeigt wie in dem zuletzt beschriebenen Falle.

Der Cylinder.

Cylinder mit den drei Richtungslinien entsprechenden Elasticitätsachsen. — In dem Querschnitte haben wir für den zweiachsigen Cylinder dasselbe Verhalten wie bei dem einachsigen. Es erscheinen das mit seinen Armen in den Durchmessern unter 0^0 und 90^0 dahingehende neutrale Kreuz und die dem Durchmesser von $+ 45^0$ und $- 45^0$ entspre-

chenden mit Interferenzfarben erhellten Quadranten. Nach der Einschaltung des Gypsplättchens gibt das neutrale Kreuz den rothen Grund wieder, während je zwei diagonal gegenüberstehende Quadranten Additions- oder Subtractionsfarben beobachten lassen, welche einestheils von den zur Wirkung kommenden Elasticitätsachsen, anderntheils von dem positiven oder negativen Charakter des Objectes abhängig sind.

Für den liegenden Cylinder ändern sich die Farbenerscheinungen, wenn auch nicht ihrem Wesen, so doch ihrer leichter und genauer zu bestimmenden Folge nach, je nach der Dicke der Wandung.

Ist die Wanddicke nur unbedeutend, so erscheint der Cylinder unter + oder — 45⁰ orientirt, von den niedrigsten Tönen der Interferenzfarben erster Ordnung erhellt, wenn die Achsenebene entweder in einem Diametral-, oder in einem Tangentenschnitte liegt. Fällt die letztere in den Querschnitt, so kommen zwischen den beiden Rändern und der Mittellinie des Cylinders zwei neutrale Streifen zum Vorschein, welche je nach dem Achsenwinkel eine verschieden weite Entfernung von den ersteren haben können. Das Auftreten dieser Streifen wird erklärlich, wenn man im Auge behält, dass wir die Folge jener Farbenerscheinungen haben, welche auftreten, wenn man ein senkrecht zur Achsenebene geschnittenes zweiachsiges Krystallplättchen aus der senkrechten Stellung in die horizontale zurückdreht. Die erscheinenden Interferenzfarben sind hier indessen unter allen Umständen so wenig verschieden, dass sie sich kaum voneinander unterscheiden lassen. Sie wechseln in der Regel zwischen Grauweiss, Weiss, Gelblichweiss, und bei Einschaltung eines Gypsplättchens ändern sie in der Additionslage dessen Farbe höchstens bis zu Blau, in der Subtractionslage bis zu Orange oder Gelb um, so dass ein bestimmter Entscheid über die Lage der Achsenebene im Tangential- oder Radialschnitte schwer zu fassen ist, während deren Lage in dem Querschnitte durch die beiden den rothen Grund wiedergebenden Streifen angezeigt wird. Werden die Wände des Hohlcylinders dicker, oder geht dieser in den Vollcylinder über, so treten je nach der Lage der drei Elasticitätsachsen bestimmte, genau zu verfolgende Farbenerscheinungen auf, welche bei einer combinirten Beobachtung des Querschnittes und des liegenden Cylinders einen sicheren Schluss auf die Lage der Elasticitätsachsen zulassen.

Fällt die Achsenebene in den Radialschnitt und ist die Mittellinie parallel der Cylinderachse, so haben wir für den dickwandigen Hohl- und den Vollcylinder analoge Erscheinungen, wie bei dem einachsigen Cylinder mit senkrechter Stellung der optischen Achse, sowohl wenn wir den unter + oder — 45⁰ orientirten liegenden Cylinder für sich, als wenn wir ihn bei der Einschaltung des Gypsplättchens beobachten.

Wird das Verhalten von Quer- und Längsschnitten auf dem Gypsplättchen im Zusammenhang betrachtet, so zeigt der erstere bei positivem Charakter unter + 45⁰ Additionsfarben, unter — 45⁰ Subtractionsfarben, der letztere in den beiden dem Durchmesser von + 45⁰ entsprechenden

Quadranten Subtractionsfarben, in den beiden anderen Quadranten aber Additionsfarben, und der negative Charakter bedingt eine Vertauschung der Farben im Längs- und Querschnitt.

Geht bei derselben Lage der Achsenebene die Mittellinie radial dahin, so treten über die Oberfläche des Cylinders einestheils ähnliche Farbenerscheinungen auf, wie wenn man ein dünnes zweiachsiges, parallel zur Mittellinie geschliffenes Krystallplättchen um eine auf der Mittellinie senkrechte, in der Achsenebene gelegene horizontale Achse gedreht habe, anderentheils wirkt die Verdickung in der Weise wie bei dem einachsigen Cylinder mit radial gestellter Achse. Der liegende Cylinder zeigt daher, mag man ihn für sich allein oder nach der Einschaltung eines Gypsplättchens beobachten, eine analoge Farbengebung und Farbenvertheilung wie der letzterwähnte.

Im Querschnitte haben wir für den positiven Charakter dieselbe Farbenerscheinung in den Quadranten wie bei dem negativen im vorigen Falle und umgekehrt.

Liegt die Achsenebene in dem Tangentenschnitt mit tangential gerichteter Mittellinie und radial gestellter Achse der mittleren Elasticität, so zeigt der liegende Cylinder dieselbe Anordnung der Interferenzfarben wie der einachsige Cylinder mit tangential gerichteter optischer Achse, nur mit dem Unterschiede, dass, da nirgends eine der optischen Achsen zur Wirkung gelangt, die Interferenzfarben schon am Rande beginnen. Wir haben hier nämlich dieselbe optische Wirkung, als wenn wir ein senkrecht zur Mittellinie geschliffenes Plättchen um eine zu dieser senkrechten, in der Achsenebene gelegene horizontale Drehungsachse gedreht hätten, und es geht mit dieser in den Randpartieen ausserdem die parallele Verdoppelung Hand in Hand. Auf einem Gypsplättchen befinden sich die Interferenzfarben auf dem liegenden Cylinder in der Orientirung unter $+ 45^0$ und bei positivem Charakter in Subtraction, unter $— 45^0$ in Addition. Der Querschnitt besitzt unter gleicher Voraussetzung in dem Durchmesser von $+ 45^0$ zwei Subtractionsquadranten, unter jenem von $— 45^0$ zwei Additionsquadranten. Der negative Charakter bedingt die Vertauschung der Interferenzfarben sowohl im liegenden Cylinder, wie im Querschnitt.

Verläuft bei der eben beschriebenen Lage der Achsenebene die Mittellinie parallel der Cylinderachse, so erhalten wir in den Farbenerscheinungen den gleichen Fall, als ob wir ein parallel zur Mittellinie geschliffenes Plättchen um eine, der letzteren parallele Drehungsachse aus der senkrechten Stellung in die horizontale zurückgedreht hätten. Es müssten demnach die Farben vom Rande gegen die Mitte sinken. Zugleich tritt aber die Wirkung der parallelen Verdoppelung auf. Das Verhalten des liegenden Cylinders wird in Bezug auf die Anordnung der Interferenzstreifen ein gleiches, wie wir es im zweiten Falle für die im Diametralschnitt liegende Achsenebene geschildert haben.

Der Farbencharakter des auf einem Gypsplättchen liegenden Cylin-

ders für die Orientirungen $+ 45^0$ und $- 45^0$, ebenso die Vertheilung der Quadranten in dem Querschnitte sind für positiven und negativen Charakter des Objectes gegen die im vorigen Falle bei tangentialem Verlaufe der Mittellinie beobachteten vertauscht.

Ist die Achsenebene in dem Querschnitte enthalten, so zeigt der liegende Cylinder dieselben Farbenerscheinungen, wie wenn man ein senkrecht zur Achsenebene geschnittenes zweiachsiges Krystallplättchen um einen, auf der letzteren senkrechten horizontalen Durchmesser aus der senkrechten Stellung in die horizontale oder aus dieser in jene dreht, indem man sich den Cylinder, ähnlich wie den einachsigen Cylinder mit tangentialer Achse, in eine unendlich grosse Anzahl von in radialer Richtung geschichteter keilförmiger Plattensätze zerlegt denken kann, von denen jeder aus der senkrechten Lage in jene geneigte gedreht worden ist, welche dem Winkel entspricht, den der Radius mit dem horizontalen Durchmesser macht. Auf den beiden Hälften des Cylinders gibt es in den beiden übereinander liegenden Quadranten zwei Radien, wo bei gleicher Neigung der idealen Plattensätze je eine der beiden optischen Achsen senkrecht steht und mit den Polarisationsebenen parallel gerichtet ist, so dass die einfallenden Strahlen keine Polarisation erleiden. Innerhalb der Radien, welche der Neigung der beiden Plattensätze entsprechen, kommt vorzugsweise die Mittellinie, ausserhalb derselben die auf dieser senkrechte Elasticitätsachse zur optischen Geltung, und da die eine ein Voraneilen, die andere ein Zurückbleiben der polarisirten Lichtstrahlen bedingt, so heben sich in einer bestimmten, zum senkrechten Durchmesser parallelen Schnittebene und deren nächster Umgebung die einander entgegengesetzten Wirkungen auf. Wir erhalten sonach zu beiden Seiten der Mittellinie des Cylinders einen neutralen Streifen, dessen Entfernung von jener theils von dem Achsenwinkel, theils von der Lage der Mittellinie im Radius oder in der Tangente abhängig ist. Zwischen den beiden Rändern und den neutralen Streifen sinken die Interferenzfarben und steigen von letzteren aus bis zur Mitte, die je nach der Lage der Mittellinie eine höhere oder tiefere Farbe haben kann, als der am höchsten gefärbte Interferenzstreifen des Randes.

Auf einem Gypsplättchen zeigt der liegende Cylinder, bei positiver Beschaffenheit und unter $+ 45^0$ orientirt, zwischen dem Cylinderrand und den neutralen, den rothen Grund wiedergebenden Streifen Additionsfarben, wenn die Mittellinie radial, Subtractionsfarben, wenn sie tangential gerichtet ist. Zwischen dem neutralen Streifen und der Mittellinie erscheinen im einen Falle Subtractions-, im anderen Additionsfarben. Die Orientirung unter $- 45^0$ sowie der negative Charakter bedingen in beiden Fällen eine Vertauschung des Farbencharakters. Auf dem Querschnitte befinden sich bei radialer Richtung der kleinsten Elasticitätsachse die dem Durchmesser von $+ 45^0$ entsprechenden Quadranten in Addition, jene dem Durchmesser von $- 45^0$ entsprechenden in Subtraction. Ist dagegen die grösste Elasticitätsachse radial gestellt, so findet

eine Vertauschung der Quadranten statt, die früheren Additionsquadranten werden zu Subtractionsquadranten und umgekehrt.

Cylinder mit geneigten Elasticitätsachsen. — Bei geneigter Stellung je zweier oder aller drei Elasticitätsachsen haben wir dieselben Fälle zu berücksichtigen, wie für das Prisma.

Ist die mittlere Elasticitätsachse radial gestellt und die in dem Tangentenschnitt liegende kleinste und grösste schneiden die Längsachse des Cylinders unter schiefen Winkeln, so treten dieselben Farbenerscheinungen auf, die wir für den einachsigen Cylinder mit die Längsachse schneidender optischer Achse kennen gelernt haben.

Trifft die Achse der grössten Elasticität mit dem Radius zusammen und es schneiden die in dem Tangentenschnitt gelegenen Achsen der kleinsten und mittleren Elasticität die Cylinderachse unter schiefen Winkeln, so haben wir am Rande und auf der Mitte des Cylinders die gleichen Farbencharaktere, wenn der Winkel zwischen der kleinsten Elasticitäts- und Cylinderachse kleiner als 45^0 ist, es tritt dagegen zwischen Rand und Mitte ein Wechsel in dem Farbencharakter ein, wenn dieser Winkel die Grösse von 45^0 übersteigt.

Im Querschnitte haben wir für den positiven und negativen Charakter in den Quadranten + 45^0 Subtractionsfarben, in jenen — 45^0 Additionsfarben, da diese lediglich durch die grösste Elasticitätsachse bestimmt werden.

Verläuft die Achse der kleinsten Elasticität radial und es schneiden die beiden in dem Tangentialschnitte gelegenen Achsen der grössten und mittleren Elasticität die Cylinderachse unter schiefen Winkeln, so stimmt der Farbencharakter am Rande und auf der Mitte überein, wenn jener Winkel weniger als 45^0 beträgt und geht zu einem entgegengesetzten über, wenn derselbe grösser als 45^0 wird.

Auf dem Querschnitte, dessen Quadranten jetzt hauptsächlich durch die Achse der kleinsten Elasticität bestimmt werden, haben wir in den beiden unter + 45^0 Additionsfarben, in jenen unter — 45^0 Subtractionsfarben.

Werden die beiden, Cylinderachse und Radius unter schiefen Winkeln schneidenden Elasticitätsachsen von dem Radialschnitt aufgenommen und es verläuft die dritte Elasticitätsachse in der Tangente des Cylinders, so fallen auch hier die drei Unterfälle in ihrem Verhalten zusammen, d. h. die Interferenzfarben sind weder ihrer Reihenfolge nach bestimmt noch zeigen sie eine gleichmässige Anordnung über die einander entsprechenden Stellen der zugekehrten Cylinderoberfläche. Der Querschnitt lässt unter allen Umständen ein neutrales, den rothen Grund wiedergebendes, den Projectionen der Polarisationsebenen entsprechendes Kreuz beobachten, und die zwischenliegenden Quadranten können sich in Addition oder Subtraction befinden, je nachdem die Achse grösserer oder kleinerer Elasticität mit der Tangente parallel gerichtet ist.

Verläuft die eine der Elasticitätsachsen parallel mit der Cylinderachse und die beiden anderen in den Querschnitt fallenden schneiden Radius und Tangente unter schiefen Winkeln, so sind die Interferenzfarben, gleichgiltig, welche der drei Elasticitätsachsen der ersteren Richtung entspricht, in der Oberfläche des unter + 45° oder — 45° orientirten liegenden Cylinders gleichmässig über dessen beiden Hälften vertheilt, da je zwei einander diametral gegenüberstehende Quadranten die gleiche optische Wirkung äussern. In der Stellung unter 0° oder 90° erscheint der Cylinder neutral, da hier die Schwingungsebenen mit den Polarisationsebenen zusammenfallen.

Auf dem Querschnitte beobachtet man ein neutrales Kreuz mit Additions- und Subtractionsquadranten, und die Arme des ersteren schneiden die Projectionen der Polarisationsebenen unter schiefen Winkeln. Welche zwei von den einander gegenüberstehenden Quadranten Additions- oder Subtractionsfarben zeigen, hängt davon ab, welche von den beiden in dem Querschnitte liegenden Elasticitätsachsen mit dem Radius den kleinsten Winkel macht.

Sind die drei Elasticitätsachsen sowohl gegen den Radius wie gegen die Tangente und die Längsachse des Cylinders geneigt, so erscheint derselbe in liegender Stellung mit Interferenzstreifen bedeckt, die weder ihrer Folge nach bestimmt sind, noch in ihrer Anordnung über die beiden Hälften der zugekehrten Mantelfläche Gleichmässigkeit zeigen. Der Querschnitt gibt ein zwar rechtwinkliges, aber gegen die Projectionen der Polarisationsebenen geneigtes Kreuz und die Quadranten, deren Farbencharakter von den darin zur Geltung kommenden Elasticitätsachsen abhängig ist.

Die Kugel.

Die optisch zweiachsige Kugel verhält sich für sich, wie nach der Einschaltung eines verzögernden Plättchens, ebenso wie eine einachsige Kugel mit radial gestellter optischer Achse. Wir erhalten auf dem dunkelen Gesichtsfelde das dunkele Kreuz mit den den Durchmessern von + und — 45° entsprechenden, von Interferenzfarben erhellten Quadranten, nach der Einschaltung eines verzögernden Plättchens das rothe Kreuz mit den einander diametral gegenüberstehenden Additions- und Subtractionsquadranten, deren Farbencharakter durch den positiven oder negativen Charakter des Objectes bedingt wird.

ZEHNTER ABSCHNITT.

ZEICHNUNG UND AUFBEWAHRUNG MIKROSKOPISCHER PRÄPARATE.

I. Die mikroskopische Zeichnung.

Wie für den Naturforscher überhaupt, so ist für den Mikroskopiker insbesondere das Zeichnen ein wesentliches Erforderniss, und es muss der angehende Beobachter, falls er die nothwendige Fertigkeit in dieser Kunst nicht besitzen sollte, sich dieselbe anzueignen suchen.

Eine jede Beobachtung ist, wenn sie überhaupt der Wissenschaft zu Gute kommen soll, durch eine deutliche und naturgetreue Zeichnung festzuhalten. Letztere kann durch kein anderes Mittel unnöthig gemacht oder ersetzt werden, und eine auch noch so genaue und eingehende Beschreibung des Beobachteten wird ohne die Beigabe der entsprechenden Zeichnung immer mehr oder minder unverständlich bleiben. Die Anfertigung einer brauchbaren mikroskopischen Zeichnung verlangt indessen durchaus keine so grosse Kunstfertigkeit, wie man sich wohl hier und da einbildet. Die Hauptsache bleibt das Richtigsehen, verbunden mit der zur getreuen Wiedergabe erforderlichen Unbefangenheit. Eine sichere, feste Hand, über welche der Mikroskopiker ohnedem zur Anfertigung seiner Präparate gebieten muss, sowie die nöthige Geduld thun das Uebrige, und man wird, hiermit ausgerüstet, es niemals schwierig finden, dasjenige mittelst des Bleistiftes, der Feder oder des Pinsels auf dem Papiere festzuhalten, was für eine wissenschaftlich brauchbare Zeichnung unerlässlich ist.

Man mache es sich gleichsam zum Gesetze, bei jeder Beobachtung sorgfältig alles das zu zeichnen, was für dieselbe von Bedeutung erscheint. Niemals lasse man seine Zeichnungen von fremder Hand aus-

führen, wie das von mehreren Seiten geschehen ist, noch geschieht und von einzelnen Autoren sogar besonders hervorgehoben wird. Es mögen dadurch wohl die Zeichnungen an Eleganz gewinnen, allein die übrigen Anforderungen, welche man an sie zu stellen berechtigt ist, werden dabei meist sehr stiefmütterlich wegkommen. Mit der gerühmten Unbefangenheit ist es in der Regel nicht weit her, und gerade das nothwendigste Erforderniss, d. h. die Fähigkeit, unter dem Mikroskope richtig zu sehen, bleibt unerfüllt. Ausserdem ist, wie wir später sehen werden, zur Wiedergabe einer mikroskopischen Beobachtung nicht blos eine einzelne Flächeneinstellung hinreichend, sondern es wird die Combination der verschiedenen, durch einen stetigen Wechsel der Einstellung erhaltenen Bilder erforderlich. — Aus allem dem geht mit Nothwendigkeit hervor, dass werthvolle mikroskopische Zeichnungen nur derjenige zu liefern im Stande sein wird, der selber mit der Beobachtung genügend vertraut ist, dass der Mikroskopiker also sein eigener Zeichner sein muss.

Es muss aus diesen Gründen der mikroskopischen Zeichnung an diesem Orte die nöthige Berücksichtigung zu Theil werden. Doch kann natürlich nicht die Rede davon sein, eine vollständige technische Anleitung zum mikroskopischen Zeichnen zu geben. Wir haben es zunächst nur mit den Anforderungen zu thun, welche man an eine gute mikroskopische Zeichnung stellen muss, sowie dem Anfänger diejenigen auf die Technik bezüglichen Winke zu geben, deren Beachtung ihm bei diesem Theile seiner Arbeit einen möglichst günstigen Erfolg zu sichern im Stande ist.

Erfordernisse einer mikroskopischen Zeichnung. — Die Anforderungen, welche an eine gute wissenschaftliche Zeichnung gestellt werden müssen, sind folgende:

1. Es muss dieselbe naturgetreu sein, d. h. genau das wiedergeben, was man beobachtet hat. Um diese Naturtreue zu erreichen, ist es unerlässlich, dass man für das darzustellende Object selber das richtige Verständniss mitbringt, d. h. dass man das Verhältniss seiner einzelnen Theile zu einander, sowie deren Bedeutung für das Ganze richtig erkannt hat. Mit einem Worte, man muss zuerst richtig beobachtet und den Gegenstand allseitig untersucht haben, und dann erst zur Zeichnung schreiten.

Diese Forderung fällt aber keineswegs mit der zusammen, dass die Zeichnung eben nur das und nichts weiteres enthalte, als was uns eine bestimmte Flächeneinstellung des Gegenstandes zeigt, oder dass Alles, was in dem Gesichtsfelde erscheine, auch von der Zeichnung wiedergegeben werden müsse.

Das Mikroskop dient dazu, unserem Gesichtssinne zu Hilfe zu kommen, und für den Betrachtenden soll eben die Zeichnung momentan dieses Hilfsmittel ersetzen, ohne das derselbe genöthigt wäre, für sich alle die Einzelanschauungen zu wiederholen, welche zusammen das Resultat

der Beobachtung ausmachen und durch die verschiedenen Einstellungen erreicht worden sind. Die mikroskopische Zeichnung soll eine Anschauung gewähren, welche der gewohnten Anschauungsweise mit blossem Auge möglichst nahe kommt. Da wir nun gewohnt sind, die uns umgebenden Gegenstände körperlich, d. h. nach den drei Dimensionen des Raumes ausgedehnt, aufzufassen, so muss jene diese Auffassungsweise soweit als möglich zu unterstützen suchen.

Nun übersehen wir aber mittelst des Mikroskopes nur das in einer ebenen Fläche Befindliche mit voller Bestimmtheit, und müssen die Körperlichkeit der Objecte unserem Sinne mit Hilfe der verschiedenen Einstellungen, die wir oben schon als ein wichtiges Moment der Beobachtung kennen gelernt haben, zur Anschauung bringen. Es wäre sonach eine verkehrte Forderung, wollte man von der mikroskopischen Zeichnung verlangen, dass sie nur ein einzelnes Moment der Beobachtung darstellte. Ich brauche nur an ein paar leicht verständliche Beispiele zu erinnern, um dies klar zu machen.

Sollen wir z. B. die ziemlich weiten netzförmigen Gefässe der Gartenbalsamine in der Zeichnung wiedergeben, so würde uns das Mikroskop auf die Ränder derselben eingestellt nur von den diesen zunächst gelegenen Partieen ein scharfes Bild geben, während die Mitte gleichsam von einem Nebel umhüllt wäre, und umgekehrt müsste auf die Mitte eingestellt nur diese scharf gezeichnet, die Ränder dagegen undeutlich und verwaschen erscheinen. Erst die verschiedenen stetig einander folgenden Einstellungen vermögen eine Gesammtanschauung eines solchen Gefässes zu geben. Diese aber soll gerade die Zeichnung repräsentiren, und sie muss uns mit voller Bestimmtheit in dem auf der Fläche des Papieres ausgebreiteten Bilde entgegentreten.

Man darf sich daher bei solchen Zeichnungen nicht auf einfache Striche beschränken, die immer nur ein flächenhaftes Bild gewähren, sondern es müssen die der körperlichen Anschauung entsprechenden Licht- und Schattenverhältnisse wohl beachtet werden.

Aehnlich verhält es sich bei der Darstellung von mikroskopischen Krystallen. Für diese gewährt eine einzige Flächeneinstellung ebenfalls niemals eine anschauliche Erkenntniss, und es sind in der Zeichnung immer die Resultate der verschiedenen Durchschnittsansichten zu vereinigen.

2. In diesen Erfordernissen liegt schon ein Schritt zur Erfüllung der zweiten Anforderung der Deutlichkeit und Verständlichkeit. Diese bedingt aber noch ferner, dass aus der Wiedergabe der mikroskopischen Beobachtung alles dasjenige ausgeschlossen bleibe, was nicht zu dem Gegenstande selbst und dessen Verständniss gehört. Es wird immer nur einzelne Fälle geben, in denen man das eigentliche Object der Beobachtung isolirt von allen umgebenden Gewebe- und Elementartheilen vor sich hat. Alles, was nicht zu dem Objecte selbst gehört, darf daher nicht nur, sondern soll in der Zeichnung entweder ganz wegbleiben,

oder doch nur in solcher Weise angedeutet werden, dass es die Anschauung dessen nicht beeinträchtigt, worauf es hauptsächlich und allein ankommt.

Um das Verständniss zu erleichtern, muss die Zeichnung sich so genau als möglich an die Maassverhältnisse des mikroskopischen Bildes halten. Es müssen nicht nur alle nothwendigen Einzelheiten darin erscheinen, sondern gegeneinander auch dieselben Verhältnisse einnehmen, wie in dem letzteren. Namentlich ist die genaueste Beachtung dieser Forderung überall da geboten, wo es sich um zu controlirende Maassbestimmungen handelt. Hier sollte man daher seine Skizzen niemals mittelst der freien Hand, sondern mit Hilfe der Camera lucida entwerfen, und die zu veröffentlichenden Zeichnungen später genau danach ausführen. Es bedarf dann nur der Beisetzung der Vergrösserung, um dem Leser eine vollkommen sichere Controle der Maassbestimmungen zu ermöglichen.

Hilfsmittel zum Zeichnen. — Ueber die Anwendung der verschiedenen Hilfsmittel zum Zeichnen habe ich bereits in dem Vorausgehenden gesprochen. Um sich mit deren Gebrauch recht vertraut zu machen, wird immerhin einige Uebung erfordert, die man sich aneignen muss. Eine Hauptbedingung für die sichere und genaue Ausführung der Umrisse u. s. w. bleibt eine zweckmässige Regelung der Beleuchtungsgrade des Gesichtsfeldes und der Zeichenfläche. Soweit es irgend geht, sollten dieselben einander gleich sein. Für schwächere Vergrösserungen wird man mehr oder minder stark abblenden müssen, wozu namentlich die Cylinderblendungen das geeignetste, nicht zu ersetzende Mittel gewähren. Bei stärkeren Vergrösserungen oder auch bei denjenigen Zeichenapparaten, die einen Lichtverlust bedingen, wird es nöthig, das Zeichenpapier etwas zu beschatten, um das projicirte mikroskopische Bild mit hinreichender Schärfe zu sehen. Dies führt aber wiederum den Nachtheil mit sich, dass man die Bleistiftspitze nicht scharf genug sieht. Für solche Fälle ist es zweckmässig dem Vorschlage Harting's zu folgen, und als Zeichenfläche eine Schiefertafel oder schwarzes Schieferpapier zu benutzen, worauf man mittelst eines Schiefer- oder Kreidestiftes zeichnet. Um die Zeichenfläche unverrückt in ihrer Lage zu erhalten, befestigt man dieselbe auf dem Zeichenpulte, dessen man in den meisten Fällen, auch dann bedarf, wenn die Camera lucida das Bild auf eine horizontale Ebene projicirt. Sehr gut eignen sich hierfür die kleinen, mit breiten Messingköpfen versehenen, sogenannten Aufspannzwecken, die man leicht eindrücken und wieder wegnehmen kann. Wenn man nicht Zeichnungen anzufertigen hat, welche die Grösse des Gesichtsfeldes übersteigen, so schneidet man sich Papier oder Schieferpapier in quadratische, etwa der Grösse des Gesichtsfeldes gleichkommende Blättchen, weil diese sich am bequemsten behandeln lassen. Um die Originalzeichnungen von der ersten Skizze aus auf die Tafeln zu übertragen, paust man jene auf die bekannte Weise durch. So erhält man in den Umrissen und den re-

lativen Verhältnissen der einzelnen Theile getreue Copien, denen man die nothwendige weitere Ausführung zu Theil werden lässt.

Schematische Zeichnungen. — Ehe ich zu den Winken über die technische Ausführung der Zeichnungen übergehe, kann ich nicht umhin, auf eine Art von Zeichnungen zurückzukommen, die man selbst noch in der neueren Zeit in einzelnen Abhandlungen und Werken findet und die vereinzelte Fälle ausgenommen gänzlich zu verwerfen sind. Es sind dies die sogenannten schematischen Zeichnungen. Durch dieselben lernt man nicht nur Nichts, indem sie keine Anschauung der Natur geben, sondern in den meisten Fällen erwecken sie ganz falsche Vorstellungen, weil in der Regel der Beobachter zu viel von seiner individuellen Anschauung hineinträgt, die Sache mehr zeichnet, wie er sie sich denkt, und so die Natur gleichsam in sein Schema zwängt. Nur in solchen Fällen, wo mehrere Einzelanschauungen, die in der Beobachtung nur getrennt von einander vorkommen, in einer Gesammtanschauung auf einander bezogen werden sollen, kann man sich sogenannte halbschematische Figuren gestatten, die im Grunde doch ganz und gar auf der Natur beruhen. Dann ist dies aber immer anzugeben. Wo bestimmte Erscheinungen oder Formen wiederzugeben sind, da halte man dieselben nur durch ein getreues Bild fest, lasse sich niemals durch die Mühe, die eine sorgfältig und genau ausgeführte, auf gründliche Beobachtung fussende Zeichnung verlangt, von dieser abhalten, und suche nicht den fremden Beschauer durch ein paar hingeworfene Striche und Zeichen abzufinden, die aus einer meist oberflächlichen Beobachtung geschöpft sind.

Art der Ausführung mikroskopischer Zeichnungen. — Gehen wir zu der eigentlichen Technik, d. h. der Ausführung der mikroskopischen Zeichnung über, so muss auch in dieser Beziehung gewissen Anforderungen Genüge geschehen. Obwohl eine eigentliche künstlerische Ausführung nicht verlangt wird und werden kann, so sollte man es sich doch im Allgemeinen zum Gesetze machen, seinen Zeichnungen einen möglichst hohen Grad von Correctheit und Sauberkeit zu geben, und bei deren Ausführung eine geringe Mühe nicht scheuen. Schon die oben gestellten Anforderungen bedingen diese Eigenschaften, indem es ganz und gar nicht gleichgiltig ist, ob eine Linie zarter oder schwächer gezeichnet, ob die Entfernung zweier nebeneinander verlaufender Linien grösser oder kleiner angegeben wird. Ebenso bedingt die Darstellung des Körperlichen eine wohl beachtete Wiedergabe der Licht- und Schattenverhältnisse. Wer die Rücksichtnahme auf diese Dinge für Effecthascherei und dieselbe für unnützes Beiwerk erklärt, der hat meiner Ansicht nach wenig Verständniss für eine getreue und verständliche Zeichnung.

Dass unter einer fleissigen und correcten, schönen Ausführung die Treue leide, wie von manchen Seiten behauptet wird, ist doch wohl kei-

neswegs vorauszusetzen, da gerade sie uns zu einem häufigen Vergleich zwischen Original und Copie veranlasst, und die allseitige Auffassung während der Beobachtung schärft. Wer es nicht zu einer geschickten Führung von Stift, Feder oder Pinsel bringen kann, der möge sich begnügen, durch einfache Striche anzudeuten, was der Andere der Natur entsprechend weiter auszuführen versteht, suche aber nicht besser ausgeführte Bilder herabzusetzen.

Correcte und schöne, mit allen erforderlichen Einzelheiten ausgestattete Figuren gewähren dem Beschauer neben dem bessern Verständniss eine höhere Befriedigung, als rohe, faserige und schablonenartig steife, nichtssagende Bilder. Es ermüdet bei dem Studium einer wissenschaftlichen, mit Figuren ausgestatteten Abhandlung weit mehr, wenn man erst aus eigener Erinnerung sich ein plastisches Bild construiren muss, als wenn uns dieses schon in der Zeichnung frappant entgegentritt.

Beispiele, welche diesen Unterschied darthun, werden dem in der histiologischen Literatur Bewanderten in hinreichender Zahl gegenwärtig sein. Hinter wieviele Figuren-Erklärungen möchte man nicht, wenn man das Bild mit dem vergleicht, was man selbst im Mikroskope angeschaut hat, ein Fragezeichen setzen? — Freilich ist hieran der Autor nicht immer selbst Schuld, da oft die sorgfältigst ausgeführten Figuren durch den Holzschneider, den Lithographen oder beim Drucke in der empfindlichsten Weise verdorben werden. Es ist eben nicht Jeder im Stande, eine mikroskopische Figur in der rechten Weise zu copiren, und sollte man daher auch in dieser Beziehung auf die richtige Wahl des Künstlers bedacht sein. Leider aber hängt diese nur in seltenen Fällen von dem Mikroskopiker ab, und er muss sich dem Wunsche der Verleger unterordnen. Am besten würde es allerdings sein, wenn der Beobachter seine Figuren selbst auf den Stein, das Holz oder das Kupfer zu übertragen verstände. Da das aber einmal nicht angeht, weil dazu wieder gewisse Kunstfertigkeiten gehören, so sollten wissenschaftliche Figurentafeln, wo es thunlich ist, unter der Aufsicht der Autoren oder doch fachkundiger Männer ausgeführt werden. Nur wo sich die betreffenden Künstler unter dem Beirathe von Fachmännern herangebildet haben, da kann man ihnen solche Arbeiten mit vollem Vertrauen überlassen.

Naturgetreue und schöne Zeichnungen bedingen zu ihrer Ausführung das entsprechende Material. Ehe ich daher zu den kurzen Andeutungen über die Ausführung der verschiedenen Arten mikroskopischer Zeichnungen übergehe, möge es mir gestattet sein, einige Worte über diese letzteren vorauszuschicken. Als solche kommen namentlich Papier, Bleistifte, Zeichenfedern, Pinsel und einige wenige Farben in Betracht.

Zeichenmaterialien. — Für die gewöhnlichen histiologischen Zeichnungen, mögen sie mit Stift, Feder oder Pinsel ausgeführt werden, eignet sich ein festes, glattes und weisses Zeichenpapier am besten. Ausgezeichnet ist das Papier von Whatmann, weniger gut habe ich die fran-

zösischen Zeichenpapiere gefunden. Für Zeichnungen, die mehr Körperlichkeit verlangen und mit Tusche ausgeführt werden sollen, bei denen man also laviren muss, ebenso für alle solche, bei denen Wasserfarben Anwendung finden, ist ein weniger glattes, feinkörniges Papier zweckmässiger, weil sich auf diesem die Farben leichter verarbeiten lassen. Die Körnung darf indessen nicht so stark sein, dass die Reinheit der Umrisszeichnung leidet.

Von Bleistiften wähle man nur die anerkannt besseren Sorten. Als sehr brauchbar sind namentlich die bekannten Faber'schen Stifte zu empfehlen. Ihnen ganz nahe kommen die Stifte von Rehbach, sowie von J. S. Staedler in Nürnberg. Will man den Bleistift blos zur ersten Anlage der Umrisse benutzen, so reicht man mit einer mittelharten Sorte, etwa Nr. 3 von Faber, aus, soll derselbe dagegen zur vollen Ausführung dienen, so muss man auch die weichen Nummern Nr. 2 und 1 von Faber oder diesen entsprechende Nummern anderer Fabrikanten besitzen.

Die Zeichenfeder lässt sich mit gutem Erfolge zur Ausführung der Umrisszeichnungen verwenden, und dürfte deren Handhabung gewiss Manchem weit leichter werden, als die des Pinsels. Es eignen sich als solche vorzüglich die sogenannten lithographischen Federn, ebenso die englischen Zeichenfedern von Bowmann, weil man mit denselben je nach dem Druck die feinsten Nüancen in der Stärke der Striche von den zartesten Contouren bis zu den starken Schattenlinien ausführen kann. Auf keinen Fall wende man sich zu den wohlfeilen Federn dieser Art, die in der Regel nur eine harte Linie geben und für die starken Schatten kaum zu gebrauchen sind.

Der Pinsel wird sowohl für Umrisse wie für Schatten- und Farbenanlagen gebraucht, und muss man je nach der Bestimmung eine Auswahl verschiedener Pinsel besitzen.

Für die Umrisse benutzt man solche mit feiner Spitze und sind zu diesem Zwecke die in der Oelmalerei gebrauchten feinen, unter dem Namen Schlepper bekannten, Marderpinsel besonders zu empfehlen. Die Ausführung der Umrisse mittelst des Pinsels erfordert allerdings mehr Uebung in dem Gebrauche, dagegen lässt sich mit demselben, wenn man jene einmal erworben hat, sehr rasch arbeiten, und es erlangen die Figuren eine grössere Weichheit, als wenn jene mit der Feder gezeichnet werden.

Zu den Schatten- sowie zu den Farbenanlagen benutzt man breitere Pinsel; zum Verwaschen endlich eignen sich am besten längere Zeit im Gebrauch gewesene, deren Spitze bereits abgestumpft ist.

In der Auswahl der Pinsel sei man vorsichtig, und lasse sich nicht durch einen etwas hohen Preis abhalten, nur aus den besten und feinsten Sorten seinen Vorrath anzuschaffen oder zu ergänzen. Nichts rächt sich bei der Ausführung der Zeichnungen mehr, als der Gebrauch schlechter Pinsel.

Für die Farbengebung eignen sich für unsere Zwecke eigentlich nur Wasserfarben. Von Oelfarben möchte nur in einzelnen später zu erwähnenden Fällen Anwendung zu machen sein, vorausgesetzt, dass man sich mit der Technik dieser Malerei etwas vertraut gemacht hat. Als die besten Farben hebe ich die Ackermann'schen Wasserfarben hervor, welche sich namentlich ihrer Durchsichtigkeit halber zu den in Frage kommenden Zeichnungen eignen. Die Pariser Honigfarben, die ich zu anderen Zwecken benutze und hier und da für die mikroskopische Zeichnung versucht habe, eignen sich meinen Erfahrungen nach weniger gut, als jene, und sind auch etwas schwieriger zu behandeln. Man braucht im Ganzen nur wenig Farben, und kommt recht gut mit folgenden aus: Gummigutt oder Indischgelb und Indigo geben die weniger glänzenden Grüne, während man für die glänzenden Grüne Saftgrün, Brown pink oder Gummigutt mit Berlinerblau oder Indigo mischt. Namentlich erhält man durch Brown pink und Indigo wunderschöne Schattengrüne. Berlinerblau wird sowohl für sich als in Verbindung mit Carmin zu den violetten Mischungen gebraucht. Ultramarin oder Cobaltblau dient namentlich zur Hebung der blauen Farbentöne, und lässt sich geeigneten Falles recht gut verwenden, ebenso liefert dasselbe mit Carmin feurige violette Töne. Für die verschiedenen braunen Farbentöne reicht man mit gebrannter Terra Sienna und Sepia aus, denen man je nach Erforderniss noch gebrannten Ocker oder auch Carmin zur Hebung beimischt. In einzelnen Fällen wird man von dunklerem, als dem obigen Gelb, etwa von Chromgelb, und hier und da von Zinnober Gebrauch machen müssen.

In der neuesten Zeit sind von H. W. Sussner in Nürnberg farbige Oelkreidestifte unter dem Namen Creta polycolor in den Handel gebracht worden, die sich für manche Farbentöne recht gut eignen, wenn man ein Papier (keineswegs aber Tonpapier) anwendet, das einen guten Auftrag gestattet, und dem nothwendigen Gebrauch des Wischers entspricht. Wo man eine absolut getreue Wiedergabe der Farbentöne verlangt, da ist die Handhabung insofern erschwert, als sich die Mischtöne nicht leicht erreichen lassen. Wo es dagegen nur auf eine mehr andeutungsweise Farbengebung ankommt, da lassen sich dieselben empfehlen, indem sie ein rasches Arbeiten gestatten. Von diesen Stiften lassen sich auch die weissen gut gebrauchen, wenn man auf dunkelem (namentlich Oelgrunde) weiss zu zeichnen hat, wie z. B. bei den Polarisationserscheinungen.

Umrisszeichnungen. — Die meisten Zeichnungen, welche in der mikroskopischen Praxis vorkommen, sind einfache Umrisszeichnungen, wie z. B. bei den fertigen Pflanzengeweben, bei manchen thierischen Geweben und Elementartheilen. Hier wird es in der Regel genügen, die mittelst der Camera lucida entworfenen Umrisse mit Zuhilfenahme des betreffenden Präparates, welches man unter dem Mikroskope hat, zu corrigiren und mit

Rücksichtnahme auf Licht- und Schattenseite rein auszuführen. Wo man in Höhlungen hineinsieht, da sind die Schatten immer etwas tiefer, als da, wo die Contouren benachbarter Gewebeelemente zusammenstossen. Jene müssen daher auch in der Zeichnung in der entsprechenden Stärke ausgeführt sein, um der Flächenansicht die erforderliche Körperlichkeit zu verleihen. Eine recht genaue Betrachtung des mikroskopischen Bildes wird hierfür die besten Winke an die Hand geben. Wo auf den Schnitten röhrenförmige oder faserförmige Elementarorgane auftreten, die etwa halbirt sind, da muss aus der Zeichnung erkannt werden, ob man jene oder diese, die untere concave oder die obere convexe Hälfte vor sich hat, indem, den mit blossem Auge erlangten körperlichen Ansichten entsprechend, im ersteren Falle der stärkste Schatten zur rechten, im anderen zur linken Seite der Achse gelegt wird.

In gleicher Weise muss der Unterschied zwischen Vertiefungen und Erhabenheiten bei anderen Structuren, in der Substanz der Membranen oder der Oberflächen hervorgehoben werden.

Ob man bei diesen Zeichnungen Stift, Feder oder Pinsel gebraucht, immer hat man auf Präcision der Umrisse sowie auf deren relative Stärke zu achten, und ist dafür, wenn man mit den beiden letzteren zeichnet, namentlich die Consistenz der Tusche von Bedeutung. Hierüber können indessen keine allgemeinen Vorschriften gegeben werden, und muss man sich eben, ehe man an die Ausführung geht, von dem richtigen Flüssigkeitsgrade überzeugen.

Wenn man mit dem Stifte zeichnet, der indessen nach meinen Erfahrungen keine so bestimmte und reine Ausführung der feinsten Details gestattet, als Feder und Pinsel, benutzt man bei der Anlage grösserer und zarter Schattenpartieen den Wischer, mittelst dessen sich eine grosse Weichheit erzielen lässt. Bei Feder- oder Pinselzeichnungen führt man dieselben in der bekannten Wasch- oder Lavirmanier aus.

Wiedergabe des Zelleninhaltes u. s. w. — Neben den Umrissen der Gewebselemente wird in einer grossen Anzahl von Fällen auch die genaue Wiedergabe des Inhaltes erforderlich. Wo dieser für die histiologische und physiologische Bedeutung der betreffenden Elementarorgane oder Gewebe sowie für die Entwickelungsgeschichte von Wichtigkeit ist, da muss die Beschaffenheit desselben aus der Zeichnung ohne Mühe erkannt werden. Es ist daher auf dessen Darstellung die erforderliche Sorgfalt zu verwenden, und man darf sich nicht mit einigen flüchtigen Andeutungen begnügen, die dem Beschauer sagen, da ist Etwas, es aber seiner Phantasie überlassen, das Was und Wie sich auszumalen. Gerade diese Darstellung wird dem Anfänger oft die meiste Mühe verursachen, und es hilft zu deren Ueberwindung nur eine wiederholte und eingehende Beobachtung. Wo der Inhalt keine besondere Bedeutsamkeit besitzt, da mag man ihn mehr derart ausführen, dass nur allgemeinere Charaktere fest gehalten werden.

Morphologische Zeichnungen. — Erfordern schon die Flächenansichten und namentlich die getreue Darstellung des Inhaltes die Wiedergabe der Körperlichkeit, so ist dies in noch höherem Grade bei morphologischen Figuren, sowie bei den Habituszeichnungen der mikroskopischen Pflanzen und Thiere der Fall. Hier muss uns das betreffende Organ oder das dargestellte Geschöpf in seiner vollen Plasticität entgegentreten, was nicht allein die Beachtung von Schatten und Licht, sondern auch der Perspective erfordert. Derartige Zeichnungen sind daher schon etwas schwieriger auszuführen, allein die nöthige Geduld wird bald zum Ziele führen. Das mikroskopische Bild unterstützt uns hier insofern etwas, als derartige Beobachtungen nur bei schwachen Vergrösserungen vorgenommen werden, welche die Lage der einzelnen Theile zu einander leichter erkennen lassen, da sie keine so absolute Flächenansicht gewähren, wie die stärkeren Vergrösserungen: Zur Ausführung bedient man sich entweder des Stiftes und Wischers oder des Pinsels, da die Federzeichnung an zu grosser Härte leiden würde.

Anwendung der Farben. — Die Anwendung von Farben wird bei der mikroskopischen Zeichnung vorzugsweise für manche Inhaltselemente der Zellen und Gewebe, dann für die Darstellung injicirter Gefässe, mikrochemischer Reactionen u. s. w. erforderlich. Auch hier kann nur ein unbedingt treues Wiedergeben des Beobachteten empfohlen werden, indem Art und Ton der Färbung z. B. oft sehr bedeutend zum Wiedererkennen einzelliger organischer Wesen beitragen und bei den Reactionserscheinungen die Schlussfolgerung in Beziehung auf Art und Quantität der betreffenden Substanz ausserordentlich erleichtern. Namentlich bei den chemischen Reactionen ist in dieser Beziehung zu beachten, dass der Text einer Abhandlung sich zunächst an die Zeichnung und einzelne Notizen anzulehnen hat, da ein Aufbewahren von Reactionspräparaten nur selten oder gar nicht möglich ist. Man muss daher gerade für diese Art Zeichnungen sich eine vollständig getreue Wiedergabe zum unabänderlichen Gesetze machen. Es wird dabei nur in den seltensten Fällen von reinen Farben Gebrauch gemacht werden können. In der Regel werden Mischungen erfordert. Hierfür muss man allerdings, um den richtigen Ton zu treffen, entweder Farbensinn und einige Kenntniss der Farben und ihrer Verträglichkeit untereinander mitbringen, oder sich durch genaues Studium der Natur aneignen, wozu eine längere Uebung und Erfahrung nöthig sein wird. Allgemeine Vorschriften lassen sich über diesen Punkt nicht geben, weil sie zu weit von unserm Ziele abführen und doch nicht viel nützen würden. Vielleicht werden wir im speciellen Theile Veranlassung nehmen, hier und da einige Winke einzustreuen. Für jeden Beschauer absolut wahre Reactionsfiguren sind übrigens unmöglich, da bekanntlich kein Gebiet unserer anschaulichen Erkenntniss so sehr von der Individualität abhängig ist, als das der Farbe.

Polarisationsfiguren. — Eine eigene Technik erfordern die Zeichnungen, welche der Darstellung von Polarisationserscheinungen dienen sollen. Für die durch gekreuzte Nicols hervorgerufenen Erscheinungen bedarf es der weissen oder farbigen Zeichnung auf schwarzem Grunde, während die Polarisationserscheinungen bei Anwendung des $^1/_4$ Glimmerplättchens Weiss und Schwarz auf blaugrauem Grunde, bei Anwendung des gewöhnlich gebrauchten Gypsblättchens vom Roth erster Ordnung eine brillante Farbengebung auf rothem Grunde verlangen. Hier reichen wir, wenn wir naturgetreue Figuren liefern wollen, mit den oben erwähnten Zeichenmaterialien durchaus nicht aus, indem sich uns entweder zu bedeutende Schwierigkeiten überhaupt entgegenstellen oder doch eine ausreichend lebendige Farbengebung mit ihren Uebergängen ineinander fast unmöglich wird. Ich habe, da ich mich vielfach mit Polarisationserscheinungen beschäftigte, einen eigenen Weg eingeschlagen, auf dem ich ganz befriedigende Resultate erhielt. Ich benutze dabei, da solches im Handel nicht zu erhalten war, ein selbst grundirtes Papier, dessen Zubereitung ziemlich einfach ist. Gewöhnlicher weisser Carton wird, auf ein Zeichenbrett gespannt, mit einer flüssigen Leim- oder Gelatinelösung ein- oder zweimal bestrichen, bis der Grund hinreichend gedeckt ist, und dann mit Oelfarbe von einem der Farbe des Gesichtsfeldes entsprechenden Farbentone grundirt. Die Ebenung der Oberfläche geschieht in derselben Weise wie bei der Ausarbeitung grösserer Flächen in der Oelmalerei. Will man die Fläche noch weiter glätten, so reibt man dieselbe mittelst eines feinen Bimssteines ab.

Auf derartig grundirten Carton lässt sich ausgezeichnet mit der Sussner'schen Creta polycolor zeichnen, namentlich gewähren die weissen Bilder auf schwarzem Grunde, bei Schärfe und Bestimmtheit, einen prächtigen Anblick. Für feines Detail und Contouren verwendet man indessen besser Kremserweiss in Oel. Auf dem blaugrauen Grunde zeichnet man mit schwarzen und weissen Stiften. Für die Farbengebung auf dem rothen Gypsgrunde benutzt man die entsprechenden Farben der genannten Stifte, oder, wenn die Farbe nicht ausdrucksvoll genug wird, Oelfarben.

Anwendung der Photographie. — Schliesslich glaube ich noch auf die in neuerer Zeit von einigen Seiten aufgetauchten Versuche zurückkommen zu müssen, welche die mikroskopische Zeichnung durch photographische Aufnahmen zu ersetzen streben. Für einzelne Gegenstände, wie z. B. die Kieselpanzer der Diatomeen u. s. w., ist das photographische Bild ganz passend, dagegen wird dasselbe nach allem, was mir aus eigener Anschauung in der neuesten Zeit bekannt geworden ist, vorläufig wenigstens noch keineswegs im Stande sein, die von dem Beobachter gefertigte mikroskopische Zeichnung zu ersetzen. Die Photographie mag zwar alles das, was bei einer bestimmten Flächeneinstellung in derselben horizontalen Ebene des Gesichtsfeldes erscheint, mit absoluter Treue wiedergeben. Allein sie wird die im Anfange ge-

stellten Bedingungen der Treue, Deutlichkeit und Verständlichkeit nicht zu erfüllen und somit nicht im Stande sein, unserer productiven Einbildungskraft in der erforderlichen Weise zu Hilfe zu kommen. Ich habe auch keine einzige photographische Darstellung aus der Histiologie gesehen, welche dem aus der Beobachtung gewonnenen Gesammtbilde entsprochen hätte, indem sich mit den scharf und bestimmt gezeichneten Stellen der Einstellungsebene immer verwischte, vergrösserte und oft verzerrte Diffusionsbilder mischen, welche dem ganzen Bilde den Charakter der Unbestimmtheit und Unklarheit aufdrücken. Ganz abgesehen also von den höheren Herstellungskosten und der Ungleichheit der Abdrücke, welche mit der Illustration von einzelnen Abhandlungen oder von ganzen Werken verknüpft sein würden, kann meiner Ueberzeugung nach auch dann die Photographie die zeichnende Hand des Mikroskopikers nicht ersetzen, wenn es gelingen sollte, die Copie derselben unmittelbar auf den Stein abzudrucken. Denn wenn auch aus diesem Verfahren gelungene Darstellungen vereinzelter Gegenstände hervorgehen können, so werden wir doch bei dem grössten Theile der unseren Beobachtungen zu Grunde gelegten Präparate im Stiche gelassen werden.

Die Bedeutung für die mikroskopische Messung dürfte im Allgemeinen ebenfalls kaum so hoch anzuschlagen sein, wie das von Gerlach hervorgehoben worden ist. Die von mir weiter oben geschilderte Messungsmethode, wobei die Copie des Objectmikrometers als Maassstab benutzt wird, bietet für weitaus die grössere Anzahl der Objecte dieselbe Sicherheit. Nur für sehr kleine Grössenverhältnisse dürfte die Photographie Vortheile bieten.

Eine höhere Bedeutung dagegen mag dieselbe als Hilfsmittel der Untersuchung gewinnen, um sehr feine und schwierig zu ermittelnde Structurverhältnisse aufzuspüren. An dem photographischen Bilde nehmen nämlich auch noch solche stärker brechbare (überviolette) Strahlen Theil, welche von dem Auge nicht mehr aufgefasst werden. So kommt es, dass das Netzhautbildchen und das auf der empfindlichen Glasplatte des photographischen Apparates entstehende Bild nicht nothwendig identisch sein müssen, sondern dass in jenen noch Einzelheiten festgehalten sein können, welche dem Auge bei der Beobachtung nothwendigerweise entgehen. Einen Beweis hierfür liefern theils die durch englische Mikrophotographie erlangten Resultate, namentlich von Wenham, ebenso das, was Gerlach in seinem kleinen vorzüglichen Schriftchen (die Photographie als Hilfsmittel mikroskopischer Forschung. Leipzig 1862) S. 12 u. folg. darüber in Erfahrung gebracht hat*). Mündliche Mittheilungen von Hartnack bestätigen diese Angaben ebenfalls, indem es, gemäss derselben, Bertsch in Paris gelungen ist, die

*) Was die dort angeführte knotenförmige Verdickung der lichten Substanz der quergestreiften Muskelfasern betrifft, so habe ich dieselben auch im Mikroskope bei den Muskeln des Menschen ganz so wahrgenommen, wie sie in der Photographie erscheinen.

Zeichnung der schwierigeren Probeobjecte auf photographischem Wege schon mit solchen Systemen zur Anschauung zu bringen, die bei der gewöhnlichen Beobachtungsweise keine Spur davon zeigen. Ein zweites Moment für die Unterstützung der Forschung liegt in der möglichen Steigerung der Vergrösserung. So ausgezeichnet auch die Wirkung der neueren und neuesten herrlichen Objectivsysteme, namentlich der Eintauchsysteme von Amici und Hartnack für gerades Licht ist, so gibt es doch eine Grenze, über die wir bei der Unmöglichkeit einer weiteren Steigerung der Vergrösserungen nicht hinauskommen können. Dass aber bei viel stärkeren Vergrösserungen, als wir sie jetzt anzuwenden vermögen, noch manche, uns bis jetzt entgangene, feine Structurverhältnisse aufzuspüren seien, kann kaum einem Zweifel unterworfen sein. Und gerade in der Wirkung der aktinischen und der Betheiligung der stärker brechbaren Lichtstrahlen liegt ein Mittel, die Vergrösserungen mit wirklichem Vortheile für die Beobachtung in ausserordentlicher Weise zu steigern. Hätte man z. B. ein Object mittelst des Eintauchsystemes Nr. 9 von Hartnack aufgenommen, welches (ohne Ocular gebraucht) bei einer Entfernung von 350^{mm} des Objectes von der empfindlichen Glasplatte eine 250fache Vergrösserung gewährt, und nimmt hierauf das erste Negativ bei einer 20fachen, das zweite (was, um eine richtige positive Copie zu erhalten, nothwendig ist) bei einer nur 5fachen Vergrösserung auf, so erhält man eine lineare Gesammtvergrösserung von nicht weniger als 25000fach. Eine Grenze findet diese Steigerung der Vergrösserung nur in dem Sichtbarwerden des Silberniederschlages auf der zur ersten Aufnahme verwendeten Glasplatte, und kann die eben erwähnte hundertfache Steigerung der ersten Vergrösserung durch Verdünnung der photographischen Lösungen, sowie durch eine zweckentsprechende, eigenthümliche Behandlung jener Glasplatte noch ganz gut erreicht werden.

II. Aufbewahrung der mikroskopischen Präparate.

Nächst des Festhaltens der mikroskopischen Beobachtungen durch die Zeichnung ist die Aufbewahrung instructiver, für die Untersuchungsresultate beweisender Präparate für den Mikroskopiker von der höchsten Wichtigkeit. Dieselben dienen nicht allein dem Unterricht, indem sie ihn weit anschaulicher und leichter verständlich machen, sondern sie unterstützen auch die eigenen Arbeiten und bieten ein für die Wissenschaft reichlich förderndes Material, indem sie zu jeder Zeit eine Vergleichung und damit ein Zurückgehen von späteren auf frühere Beobachtungen gestatten.

Zu letzterem Zwecke sowohl als zu dem belehrender Demonstration kann man natürlich, wenn sich das Material nicht allzusehr anhäufen soll,

nur die gelungensten sowie die klar beweisendenPräparate aufbewahren. Zur Förderung und Unterstützung der eigenen Arbeiten über einen speciellen Gegenstand aber sollte man, solange als man mit derselben beschäftigt ist, von dem betreffenden Gegenstande Alles das aufbewahren, was von Wichtigkeit für die Schlussfolgerungen erscheint. Man wird daraus einen reichlichen Gewinn ziehen. Erstlich gewähren die so bewahrten Präparate eine wesentliche Unterstützung bei der Vollendung der Zeichnungen. Dann aber muss die wiederholte Durchmusterung die Beobachtung nicht allein festigen, sondern man wird auch häufig Gelegenheit haben, dieselbe in mancher Beziehung zu berichtigen, zu erweitern und Eins und das Andere aufzufinden, was einem vielleicht bei der ersten Untersuchung entgangen und worauf man erst durch den weiteren Verlauf hingewiesen worden ist. Die Aufbewahrung braucht für diesen Zweck kaum umständlich und zeitraubend zu sein. Man bringt die Präparate einfach in ein Uhrschälchen mit der passenden Zusatzflüssigkeit, oder legt sie in einen auf den Objectträger gebrachten Tropfen der letzteren und bedeckt mit einem nicht zu kleinen Deckgläschen. Sorgt man hierauf für Beschränkung der Verdunstung und gehörigen Schutz vor Staub, so kann man wochenlang alle seine ursprünglichen Präparate zur wiederholten Beobachtung zur Hand haben.

Diejenigen Präparate, welche den Inhalt einer geordneten und instructiven wissenschaftlichen Sammlung bilden sollen, verlangen allerdings mehr sorgfältige und vor Verderbniss schützende Aufbewahrungsmethoden. Diese letzteren sind aber in der neueren Zeit durch die vereinten Versuche und Bemühungen unserer tüchtigsten mikroskopischen Forscher so sehr ausgebildet worden, dass es durchaus keiner erheblichen Schwierigkeit mehr unterliegt, Präparate der verschiedensten Art, und von jeder, selbst der zartesten Beschaffenheit mit Sicherheit für lange Zeit zu erhalten.

Was diese Methoden betrifft, so hängen dieselben natürlich von Art und Beschaffenheit des Objectes ab. Im Allgemeinen bewahrt man die mikroskopischen Präparate entweder trocken oder umgeben von harzigen Substanzen oder wässerigen Flüssigkeiten auf, wonach sich denn auch der Verschluss zu richten hat.

1. Aufbewahrungsmethoden.

Trockene und von Wasser befreite Objecte.

Trockene Aufbewahrung. — Trocken, d. h. von Luft umgeben, lassen sich nur verhältnissmässig wenige Präparate aufbewahren. Dahin gehören von den eigentlich histiologischen Objecten die Knochen- und Zahnschliffe (Welcker), dünne Schichten von Blutserum und einzelnen Blutkörperchen (C. Schmidt), Horn, Fischschuppen und

Insektenschüppchen, endlich die Panzer von Infusorien und die Kieselschalen der Diatomeen, wenn es nur auf die Structur dieser selbst und nicht auf den Inhalt ankommt. Man bringt diese Gegenstände, wenn sie dünn genug sind, einfach auf den Objectträger, bedeckt sie mit einem Deckgläschen und umgibt dessen Rand mit einer verklebenden Masse, wozu dicke Gummilösung, dickflüssiger Canadabalsam, irgend ein Lack, Wachs und dergleichen gleich gute Dienste leisten. Besitzen die Präparate eine etwas stärkere Dicke, so legt man sie in eine kleine Zelle aus Papier, Lackrähmchen oder Streifen dünnen Glases, worüber weiter unten das Nähere angegeben werden wird, und verfährt dann wie oben.

Aufbewahrung in Canadabalsam u. s. w. — Fast ebenso einfach wie die trockene Aufbewahrung ist die hierzu unmittelbar geeigneter oder gehörig vorbereiteter Gegenstände in harzigen Substanzen, wozu namentlich Canadabalsam, Terpentin und Copallack gehören. Alle drei dienen gleichen Zwecken und werden ziemlich auf die gleiche Weise verwendet und behandelt. Am geeignetsten habe ich von ihnen jedoch den Canadabalsam gefunden, der zu unserem Behufe vollständig rein, schön durchsichtig, von weisser oder schwach hellgelber Farbe und ziemlich dickflüssig sein muss und den man je nach Umständen entweder in gewöhnlichem Zustande oder in Form einer Lösung in Aether oder Chloroform anwenden kann.

Der Canadabalsam sowie die ihm verwandten Substanzen eignen sich als Aufbewahrungsflüssigkeit nur für solche Gegenstände, welche entweder vollkommen trocken sind oder ein vorhergehendes Trocknen oder aber eine vorbereitende Behandlung mittelst Alkohols und flüchtiger Oele vertragen, und bei welchen die durch das Aufbewahrungsmittel hervorgerufene beträchtliche Aufhellung und Durchsichtigkeit nicht Undeutlichkeit herbeiführt. Von pflanzlichen Gegenständen kann man in demselben Schnitte und Schliffe harter Samenschalen und Fruchthüllen, Sporen und Pollenkörner, die Schalen der Diatomeen, sowie Präparate fossiler Hölzer etc. aufbewahren. Von thierischen Objecten vertragen ihn namentlich die Panzer von Insekten und Infusorien, Wurzelfüsslern und dergleichen, ferner die Schnitte und Schliffe von festen Theilen, wie von Zähnen, Knochen, Fischbein, Horn, Muschelschalen, ebenso manche Injectionspräparate, welche durch die erwähnten Vorbereitungsweisen nicht leiden. Ausserdem ist der Canadabalsam das geeignetste Aufbewahrungsmittel für kleine isolirte Krystalle, ebenso für alle solche Präparate, welche zur Untersuchung im polarisirten Lichte sowie zu photographischen Aufnahmen bestimmt sind.

Für diese Aufbewahrungsweise ist die Vorbereitung der betreffenden Objecte von erheblicher Wichtigkeit. Trockene Präparate, in deren Höhlungen die Luft nicht etwa erhalten werden soll, tränkt man vor dem Einlegen durch und durch mit einem flüchtigen Oele, welches, wenn es längere Zeit einwirkt, ähnlich wie der Alkohol, die erstere aus den Höhlungen der Zellen, Fasern etc. austreibt.

Man verwendet zu diesem Zwecke in der Regel Terpentinöl, es ist aber das vom Professor Rindfleisch empfohlene Nelkenöl vorzuziehen, weil sich der Canadabalsam besser mit demselben mischt. Solche Gegenstände, welche Wasser enthalten, befreit man von diesem entweder durch Trocknen oder durch Einlegen in absoluten Alkohol. Das Trocknen darf des Schrumpfens wegen nur nach und nach geschehen, und nimmt man dasselbe im Winter bei mässiger Wärme am Ofen, auf dem Wasserbade oder in dem früher beschriebenen Apparate, im Sommer an der Sonne oder, wo die Präparate hierdurch zu sehr schrumpfen würden, unter einer Glasglocke neben oder über einem Schälchen mit concentrirter Schwefelsäure vor. Nach dieser Operation überträgt man das trockene Präparat zuerst in absoluten Alkohol und dann unmittelbar in Nelkenöl oder auch, nachdem es wieder nahezu trocken geworden, in Terpentinöl.

Beim Einlegen bringt man zuerst einen Tropfen Canadabalsam auf den vorher sorgfältig, nöthigenfalls mit Weingeist gereinigten und etwas erwärmten Objectträger, legt das Präparat auf und gibt einen zweiten Balsamtropfen darüber. Hierauf bedeckt man sorgfältig, indem man das gut gereinigte, mittelst einer Pincette schiefgehaltene Deckglas von der hinteren Kante her allmälig in die horizontale Lage überführt und schliesslich mit dem Hefte einer Präparirnadel ganz langsam niederdrückt, so dass die etwa eingeschlossene Luft entweichen kann. Sollte dies dennoch nicht vollständig geschehen, so hilft ein rasches und nicht zu starkes Erwärmen über der Spirituslampe, oder noch sicherer ein längeres Erwärmen über ganz gelindem Ofenfeuer.

Da der Canadabalsam für die oben geschilderte Einschlussmethode am geeignetsten erscheint, wenn er ziemlich dickflüssig ist, so muss man ihn, damit er Tropfen bildet, etwas erwärmen.

Am besten geschieht dies in der Art, dass man eine kleine Menge desselben mittelst eines unten hakenförmig gebogenen Glasstäbchens aus der Flasche zieht und bis zum Flüssigwerden über die Spirituslampe hält. Dieses Glasstäbchen befestigt man zweckmässig der Art in dem Korke, welcher die weithalsige Flasche schliesst, dass man es höher und tiefer schieben und stets etwas in die Oberfläche des Balsams tauchend erhalten kann.

Zarte und wasserreiche Gewebe, welche in Canadabalsam eingeschlossen werden sollen, bedürfen einer etwas umständlicheren und möglichst sorgfältigen Vorbereitung. Man bringt zu dem Ende das betreffende Präparat, um ihm zunächst sein Wasser zu entziehen, für einige bis 24 Stunden in schwächeren, dann absoluten Alkohol und überträgt es von da in Nelkenöl, welches sich mit dem letzteren leicht mischt und so ein vorheriges Abtrocknen unnöthig macht. Nach kurzer Zeit ist das Object zum Einschluss in den Canadabalsam bereit, in welchen es wiederum unmittelbar aus dem flüchtigen Oele eingelegt werden kann, indem sich der erstere mit diesem in jedem Verhältnisse mischt. Beim Einschluss verfährt man in der oben geschilderten Weise.

Noch besser eignet sich für solche zarte Präparate die vom Professor Frey zuerst empfohlene Lösung des Balsams in Chloroform, der ich überhaupt, nachdem ich sie einmal in Gebrauch genommen, vor dem dickflüssigen Balsam den Vorzug für alle Objecte gebe, weil das ganze Verfahren ebenso bequem, als wenig umständlich und zeitraubend ist. Das Einlegen geschieht bei gewöhnlicher Temperatur, und zwar gibt man mittelst eines Glasstabes einen Tropfen der Lösung auf den Objectträger, legt das Präparat ein und lässt einen zweiten Tropfen Flüssigkeit nachfolgen, um dann vorsichtig das Deckglas aufzulegen. Man muss hier nur darauf achten, dass man nach einiger Zeit, wenn das Lösungsmittel verdunstet und Luft zwischen Deckglas und Objectträger tritt, die Lücke sorgfältig mittelst eines neuen Tropfens der Aufbewahrungsflüssigkeit ausfüllt.

Ein besonderer Verschluss ist bei dieser Aufbewahrungsmethode kaum nöthig, da der an den Rändern des Deckglases hervorquellende Balsam schon nach wenigen Tagen zu einem hinreichend festen Walle eintrocknet. Ich ziehe es indessen vor, die Ränder des Deckglases mit einem Saume von Lack zu umgeben, und möchte dies um so mehr geboten sein, wenn man statt Canadabalsams Terpentin oder Copallack verwendet, die beide nur langsam trocken und immer mehr oder weniger klebrig bleiben, was beim Reinigen des Präparates störend ist.

Feuchte Objecte.

Eine weit ausgedehntere Anwendung als die vorhergehende geniesst die Aufbewahrung der mikroskopischen Objecte in feuchtem Zustande, da nur bei dieser Methode dieselben sich in ihrem vollen natürlichen Verhalten zeigen. Als Aufbewahrungsflüssigkeiten werden hier theils wasseranziehende, theils leicht verdunstende angewendet. Von ersteren gebraucht man namentlich Glycerin und Chlorcalcium, von den anderen ist eine ziemlich grosse Menge von einfachen Flüssigkeiten sowohl als von Gemischen empfohlen worden, deren wir einzelne näher betrachten werden. Alle diese Flüssigkeiten verlangen einen sorgfältigen Verschluss, der bei den letzteren vollkommen luftdicht sein muss.

Verschlussmittel. — Als Verschlussmittel hat man verschiedene Lacke und Kitte in Vorschlag gebracht, die mehr oder minder gut ihren Zweck erfüllen, und unter denen man je nach Umständen eine Auswahl wird treffen müssen. Die Erfordernisse, welche hierbei zu leiten haben, sind zunächst hinreichende Zähigkeit der Masse, wodurch ein späteres Reissen oder Springen verhindert wird, dann die Eigenschaft, möglichst rasch und gleichmässig zu trocknen.

Zu den am häufigsten in Anwendung gebrachten Kitten gehören der, wenn ich nicht irre, zuerst vom Professor Welcker empfohlene Asphaltlack, der durch Professor Schacht bekannt gewordene Maskenlack und der erst in neuerer Zeit in Gebrauch gekommene Ziegler'sche Kitt.

Der Asphaltlack bildet eine Auflösung von Asphalt in Leinöl und Terpentin. Will man von demselben Gebrauch machen, so muss man sich vor Allem durch eigene Versuche davon überzeugt haben, dass er zwar leicht trocknet, aber dabei keine Risse und Sprünge bekommt. Auch hat man auf dessen Consistenz zu achten. Ein zu flüssiger Lack zieht sich während des Auftragens leicht zwischen die Deckglasränder, verdrängt einen Theil der Aufbewahrungsflüssigkeit, und verunreinigt so das Präparat, während ein zu steifer Lack sich nicht in hinreichend dünnen Schichten auftragen lässt. Hier kann man sich im ersteren Falle durch Offenstehenlassen des Gefässes, im anderen durch Verdünnen mittelst Terpentinöls helfen, das man, wenn zuviel zugesetzt wurde, an der Luft theilweise wieder verdunsten lässt. Für den letzten Lacküberzug empfiehlt H. v. Mohl, dem Asphaltlack etwas fetten Leinölfirniss zuzusetzen, was denselben geschmeidiger erhalten und weniger geneigt machen soll, beim Trocknen zu springen. Die Brauchbarkeit des Asphaltlackes wird sich je nach den verschiedenen im Handel vorkommenden Sorten als verschieden herausstellen, und so mag es kommen, dass ihm manche Mikroskopiker vor anderen Verschlussmitteln den Vorzug geben, während andere gar nichts von demselben wissen wollen. Ich selbst habe mehrere Sorten durchprobirt, bin aber von keiner einzigen befriedigt worden, indem der Verschluss nach längerer Zeit immer mehr oder minder schadhaft wurde.

Weit bessere Erfolge erzielte ich mittelst des schwarzen Maskenlackes Nr. 3, welchen man aus der Lackfabrik von Beseler in Berlin per Fläschchen von 4 Loth zu 5 Sgr. beziehen kann. Das Lösungsmittel dieses Lackes, dessen übrigen Bestandtheile mir nicht näher bekannt sind, besteht aus Spiritus; derselbe trocknet ziemlich leicht, und hat sich bei mir jetzt schon seit 5 Jahren gehalten, ohne dass der Verschluss der Präparate im Geringsten gelitten hätte. Der einzige Uebelstand, der ihm eigen ist, besteht darin, dass das Trocknen in etwas dickeren Lagen nicht gleichmässig erfolgt und die Oberfläche, obgleich sie anscheinend völlig trocken erscheint, noch einige Zeit klekrig bleibt. Er ist ursprünglich ziemlich dünnflüssig, weshalb man sich eine etwas consistentere Lösung durch theilweises Verdunsten des Lösungsmittels herstellen muss. Zu stark eingedickter Lack wird mittelst Alkohols dünnflüssiger gemacht.

Die beiden genannten Lacksorten bewahrt man am geeignetsten in etwas weithalsigen Gläsern und streicht sie mittelst eines Pinsels auf, den man durch den Kork geführt beständig in die Flüssigkeit tauchen lässt.

Der in neuerer Zeit mehrfach empfohlene Ziegler'sche Kitt stellt eine weisse dickliche Masse dar, welche durch einen passenden Zusatz von Terpentinöl bei mässiger Wärme leicht nach Wunsch verdünnt werden kann. Ich habe denselben noch wenig verwendet, und besitze daher keine maassgebende Erfahrungen über dessen Brauchbarkeit. Ein Umstand, der seine Anwendung indessen unrathsam macht, ist die Eigenschaft, dass er sehr langsam trocknet und Monate lang klebrig bleibt.

Ausserdem scheint er nicht ganz frei von dem Uebelstande des Reissens, denn ich habe längere Zeit bewahrte Präparate gesehen, deren Verschluss mehrfach durch feine Risse und Sprünge beschädigt war.

Aufbewahrung in Glycerin und Glyceringemischen. — Das Glycerin eignet sich für eine grosse Anzahl von pflanzlichen sowohl als thierischen Präparaten ausgezeichnet, indem es von allen gut angenommen wird. Dies ist namentlich der Fall, wenn sich die letzteren in einem etwas feuchten Zustande befinden, weshalb es zweckmässig ist, trockene Objecte vor dem Einlegen anzufeuchten. Das einzige Hinderniss, welches der allgemeinen Anwendung des Glycerins etwa entgegensteht, ist der Umstand, dass es die Objecte weit durchsichtiger macht als die weiter unten zu besprechenden Flüssigkeiten, in Folge dessen zarte Structurverhältnisse darin weniger deutlicher hervortreten, und dass die zarteren Gewebe durch Entziehung eines Theiles ihres Wassers immer mehr oder weniger schrumpfen. Dagegen hellt es vermöge der ersteren Eigenschaft weniger durchsichtige Gegenstände in wünschenswerther Weise auf, so dass diese ein schönes Bild gewähren. Ebenso erhalten sich in demselben manche Inhaltspartieen besser als in anderen Flüssigkeiten, so namentlich Chlorophyll und Stärkemehl, dessen Schichtung zwar anfangs verschwindet, aber schon nach dem Verlaufe von einem halben bis einem ganzen Tage wieder deutlich hervortritt, worauf auch Schacht in der neuesten Auflage seines Mikroskopes hingewiesen hat.

Verdünnt man das Glycerin mit Wasser und setzt ein paar Tropfen Essigsäure zu, so eignet es sich auch für zartere Präparate, indem es nun kein Schrumpfen mehr veranlasst, und an seiner aufhellenden Eigenschaft bedeutend verliert. Allein solche Präparate sind wegen Verdunstens des überschüssigen Wassers nach längerer oder kürzerer Zeit dem Verderben ausgesetzt, wenn man nicht einen absolut luftdichten Verschluss hergestellt hat.

Für die Aufbewahrung äusserst zarter Gegenstände der Histiologie, ebenso für die Aufbewahrung von Algen und ähnlichen Objecten, deren natürliches, frisches Aussehen man möglichst zu erhalten wünscht, in deren Inhalt also gar keine oder nur höchst unbedeutende Veränderungen stattfinden dürfen, bewährt sich die von Hantsch empfohlene Aufbewahrungsmethode (Reinike's Beiträge zur neueren Mikroskopie, 3. Heft, S. 37 u. f.) ausgezeichnet.

Man wendet hierbei eine Mischung von 3 Theilen reinem 90 procentigem Weingeist mit 2 Theilen Wasser und 1 Theil Glycerin an, die man in einem gut schliessenden Glase aufheben kann. Um die Einwirkung dieser Flüssigkeit für den Anfang soweit als möglich zu mässigen, bringt man das Object zuerst in einem Tropfen Wasser, dem man einen kleinen Tropfen der Mischung zugesetzt hat, auf den Objectträger. Hierauf legt man das Präparat an einen möglichst vor Staub geschützten Ort, an welchem Wasser und Weingeist ungehindert verdunsten können und lässt es solange ruhig, bis fast alle Flüssigkeit verdunstet ist. Nun bringt man einen zweiten Tropfen der Mischung hin-

zu, und setzt nach jedesmaliger Verdunstung von Wasser und Weingeist dies Verfahren solange fort, bis auf dem Objectträger soviel Glycerin zurückgeblieben ist, als das Präparat erfordert. Damit die gute Erhaltung des letzteren vollständig gesichert werde, ist es anzurathen, dasselbe, ehe man zum Verschluss schreitet, einige Tage liegen zu lassen, um sich zu überzeugen, dass in der Aufbewahrungsflüssigkeit keine verdunstbaren Bestandtheile mehr vorhanden sind.

Das concentrirte Glycerin verlangt zwar keinen luftdichten Verschluss, weil es nicht verdunstet, aber man darf denselben aus anderen Gründen nicht unterlassen. Einmal würden nämlich die betreffenden Präparate ohne Verschluss sehr unbequem aufzubewahren, und dann ohne Beschmutzung der Deckglasoberfläche nicht zu reinigen sein. Verdünntes Glycerin muss unbedingt hermetisch verschlossen werden.

Der Verschluss selbst erfordert grosse Vorsicht, weil er sonst wegen der den Kitt angreifenden Eigenschaft des Glycerins nicht wohl gelingt. Namentlich hat man dafür zu sorgen, dass der anzuwendende Lack oder Firniss niemals auf solche Stellen aufgetragen wird, die noch im geringsten mit Flüssigkeit befeuchtet sind. Man bringt deshalb nie mehr von derselben auf das Präparat, als durchaus nothwendig ist. Etwas zu wenig schadet nicht. Hat man indessen etwas zu viel Glycerin aufgegeben, so muss der Objectträger um den Rand des Deckglases absolut trocken gemacht werden. Man tupft zu dem Ende das überschüssige Glycerin mit zartem Fliesspapier möglichst vollständig auf und wäscht dann mit einem in Alkohol getauchten Pinsel um das Deckglas herum den Objectträger solange ab, bis er von der Benetzung ganz frei geworden ist.

Bei recht dünnen Objecten verfahre ich beim Verschlusse einfach derart, dass ich auf jedes der vier Ecken des Deckglases einen Tropfen einer etwas concentrirten Lösung des betreffenden Lackes gebe und das Präparat unter eine Glocke beiseite lege, bis der letztere soweit erhärtet ist, dass er das Deckglas festhält. Hierauf werden die Ränder des letzteren mittelst eines Pinsels derart mit dem Kitte verstrichen, dass dieser sowohl über jenes als über die Umgebung 2 bis 3 Millimeter übergreift und ein etwa 5 bis 6 Millimeter breiter Lackrand entsteht. Versäumt man das vorherige Antrocknenlassen der vier Lackstützchen, so kann leicht das Deckgläschen beim Aufstreichen des Lackes etwas verschoben werden, wodurch derselbe auf benetzte Stellen trifft und nicht haftet. Würde nun auch das Deckglas an den anderen Stellen festgehalten, so hat man doch zu gewärtigen, dass an solchen Orten, wo der Verschluss nicht dicht ist, bei dem geringsten Druck, während des Putzens u. s. w., Glycerin hervortritt und die Oberfläche des ersteren verunreinigt.

Objectträger wie Deckglas müssen (was in gleicher Weise für alle anderen Aufbewahrungsarten gilt) vor dem Auflegen immer auf das Sorgfältigste, wenn nöthig mittelst Weingeistes gereinigt werden, und hat man sich durch leichtes Anhauchen davon zu überzeugen, ob alle Stel-

len der Gläser die Feuchtigkeit gut annehmen, weil sonst immer Luftblasen zurückbleiben, die schwer oder gar nicht zu beseitigen sind.

Für etwas stärkere Präparate kann man auch verfahren, wie Hantsch angibt. Man bestreicht nämlich die Ränder des Deckglases, indem man es an der einen Ecke mittelst einer gut schliessenden Pincette festhält, an drei Seiten der aufzulegenden Fläche mittelst eines feinen Pinsels mit einer entsprechend dicken, schmalen Lage von Lack, und legt es unter plötzlichem Oeffnen der Pincette vorsichtig auf. Das Glycerin zieht sich dann, namentlich wenn man einen gelinden Druck anwendet, über die ganze untere Fläche des Deckglases hin, ohne Luftblasen zurückzulassen, und der Ueberschuss tritt an der offenen Stelle heraus. Ist die Procedur soweit nach Wunsch gelungen, so reinigt man den Objectträger in der vorhin beschriebenen Weise und schliesst, nachdem die drei stützenden Lackrändchen getrocknet sind, vollständig, indem man die Ränder des Deckglases mit einem 2 bis 3 Millimeter übergreifenden dünnen Lackrande versieht. Noch etwas bequemer ausführbar ist die von Schacht empfohlene, bei dem Einschluss in Chlorcalcium näher zu besprechende Anwendung von zwei parallelen Lackstreifen auf dem Objectträger, bei der man es in seiner Gewalt hat, die Dicke der Streifen der Dicke des Objectes genau anzupassen.

Ist der Lackrahmen des ersten Verschlusses vollkommen trocken, so streicht man zum zweiten, und wenn es nöthig wird noch zum dritten Mal eine neue Schicht eines etwas verdünnten Lackes auf, welche jedesmal über den Rand der vorhergehenden etwas übergreift, wodurch die Haltbarkeit des Verschlusses ungemein gefördert wird.

Ausser in den oben beschriebenen Weisen wird das Glycerin auch noch als Bestandtheil von solchen Gemischen verwendet, welche nach und nach erstarren. Eine derartige Mischung besteht aus gleichen Theilen von arabischem Gummi, Glycerin und gesättigter, wässeriger Lösung von arseniger Säure.

Eine andere glycerinhaltige Mischung hat Schacht in der neuesten Auflage seines Mikroskopes empfohlen. Dieselbe soll sich namentlich für sehr kleine Körperchen eignen, die später ihren Ort in der Aufbewahrungsflüssigkeit verändern könnten. Es besteht dieselbe aus 1 Theil Gelatine, 3 Theilen Wasser und 4 Theilen Glycerin. Vor der Anwendung muss man diese Mischung, da sie erstarrt, im heissen Wasser erwärmen, um sie wieder in den flüssigen Zustand überzuführen. Ich habe die Mischung auch für andere Objecte versucht, welche sich in Glycerin aufbewahren lassen, weil sie einen leichten Verschluss gestattet, und deshalb dem reinen Glycerin für manche Fälle vorzuziehen sein möchte. Bis jetzt haben sich die Präparate darin gut erhalten und dürften wohl Versuche damit zu empfehlen sein. Holzschnitte, die ich so aufbewahrte, liefern wenigstens ein recht schönes Bild und haben nicht im Geringsten gelitten. Der Verschluss, obwohl nicht unumgänglich nothwendig, geschieht mittelst einer einzigen Lage von consistentem Lack.

Aufbewahrung in Chlorcalcium. — Die Chlorcalciumlösung, 1 Theil chemisch reines, wasserfreies Chlorcalcium auf 3 Theile destillirtes Wasser, hat mit Recht in der neuesten Zeit, namentlich bei den Pflanzenhistiologen, eine sehr weite Verbreitung als Aufbewahrungsflüssigkeit gefunden, da sie sich für alle solche, sowohl härtere, als zartere Objecte eignet, welche keiner bedeutenden Aufhellung bedürfen, und deren Inhalt durch dieselbe nicht zu stark leidet. Für Präparate, in denen man die natürliche Farbe des Chlorophylls oder anderer Pflanzenfarbstoffe zu erhalten wünscht, ist diese Flüssigkeit dagegen durchaus nicht geeignet. Ebensowenig passt sie zur Aufbewahrung solcher Objecte, in denen das Stärkemehl als Inhalt der Zellen erscheint, und sobald es darauf ankommt, dessen Structur zu erhalten, denn schon nach wenigen Tagen quellen die Stärkekörner auf, verlieren mehr und mehr ihre Schichtung und werden zu einem formlosen Kleister. Auch die Eiweisskörper erleiden gewisse Störungen durch diese Lösung, indem sie coaguliren und sich von den Wänden der Zellen und Gefässe zurückziehen. Dieser Umstand kann selbst da, wo an der Erhaltung des Inhaltes in seiner ursprünglichen Form nichts gelegen ist, auf das Präparat nachtheilig einwirken, da das ganze Bild dadurch getrübt wird. Solchen Nachtheilen entgeht man indessen, wenn man das Chlorcalcium in verdünntem Zustande anwendet und ein ähnliches, wie das weiter oben bei der Hantsch'schen Mischung besprochene Verfahren einschlägt, d. h. zuerst mit stark verdünnten Lösungen beginnt, und erst nach und nach zu stärkeren aber immer noch verdünnten Lösungen übergeht. So behandelt halten sich auch sehr zarte Präparate aus der Entwickelungsgeschichte der Pflanzenhistiologie, eben so zarte thierische Gegenstände recht gut.

Manchmal erleidet die Chlorcalciumlösung eine Trübung, indem salzsaurer Kalk auskrystallisirt und das Präparat verdirbt. Es hat namentlich Schacht darauf hingewiesen, und ist mir selbst diese Erscheinung bei verschiedenen, doch nicht bei allen Lösungen vorgekommen. Man entgeht diesem Uebelstande, wenn man dem Chlorcalcium einige Tropfen chemisch reiner Salzsäure zusetzt, und so die Lösung wenig ansäuert.

Obwohl das Chlorcalcium sehr hygroskopisch ist, verdunstet doch immer etwas von dem Wasser, namentlich der verdünnteren Lösungen, so dass es für alle Fälle gerathen erscheint, den Verschluss der Präparate möglichst luftdicht herzustellen.

Bei recht dünnen Schnitten solcher Gewebe, denen ein durch das Trocknen des Kittes hervorgerufener Druck keinen Schaden zufügt, ist das Verfahren des Einlegens höchst einfach.

Gehörige Reinheit von Objectträger und Deckglas vorausgesetzt, bringt man das Object in einem Tropfen reinen Wassers auf den ersteren, nimmt das letztere mit einem Pinsel fast sämmtlich von dem Präparate auf, ohne dieses selbst zu berühren oder zu verrücken, und gibt eine hinreichende Menge des Chlorcalciums mittelst eines Glasstabes, oder noch besser mittelst eines etwas ausgezogenen gleichsam

einen Miniaturstechheber vorstellenden Glasröhrchens zu. Schliesslich legt man das vorher angehauchte Deckglas langsam auf. Die Flüssigkeit wird dann den Raum zwischen diesem letztern und dem Objectträger vollständig ausfüllen, ohne dass Luft zurückgelassen wird. Sollten indessen einige Luftbläschen geblieben sein, so lassen sich diese leicht entfernen, wenn man mit dem Hefte einer Präparirnadel schwach auf das Deckgläschen klopft und sie so allmälig nach dem Rande hin- und austreibt.

Ehe man zum Verschluss schreitet, hat man vor allen Dingen dafür Sorge zu tragen, dass um den Rand des Deckglases der Objectträger von aller etwa überfliessenden Chlorcalciumlösung befreit und gehörig getrocknet wird, weil sonst der Kitt nicht greift. So gar ängstlich, wie bei Glycerinpräparaten braucht man indessen hier nicht zu sein, da z. B. der Maskenlack auch recht gut auf noch etwas feuchten Stellen haftet.

Der Verschluss kann einfach durch Auftragen eines etwas breiten Lackrandes bewirkt werden. Man kann aber auch so verfahren, wie ich oben bei den Glycerinpräparaten angegeben habe, d. h. man gibt auf die vier Ecken des Deckglases auf den Objectträger übergreifende Tropfen von Lack, lässt diese einige Stunden trocknen, und verschliesst dann sämmtliche Ränder durch mehrmalige Lacküberzüge. Sollte während des Trocknens der zum vorläufigen Festhalten des Deckglases dienenden Lacktropfen etwas von der Flüssigkeit verdunsten, so lässt sich der Verlust durch einen neuen Tropfen ersetzen, den man mittelst eines feinen ausgezogenen Glasstäbchens an den Rand des Deckglases bringt. Man muss dabei nur die Vorsicht beobachten, dass man die neue Flüssigkeit von der Seite des leeren Raumes, d. h. von den noch benetzten Stellen des Zwischenraumes an einziehen lässt, und diese nicht dicht vor jenen bringt, weil sonst leicht der vordere Theil des leeren Raumes ganz ausgefüllt wird und dahinter ein lufterfüllter Raum bleibt.

Ich habe auf diese einfache und wenig zeitraubende Weise eine grosse Zahl äusserst zarter, Pflanzenschnitte aufbewahrt, deren Verschluss sofort nach Wunsch gelang, und sich seit Jahren ausgezeichnet erhalten hat. Es kommt dabei nur darauf an, dass man einen weder zu flüssigen noch zu dicklichen Lack anwendet, und den Rahmen mit sicherer Hand und rasch ausführt, ohne dass das Deckglas eine Verschiebung erleidet.

Wo man es mit etwas dickeren oder solchen Präparaten zu thun hat, welche keinen Druck vertragen, da erleidet das Verschlussverfahren einige Abänderungen, die sich indessen auch für dünnere Schnitte ebensogut anwenden lassen, und dem weniger Geübten den Verschluss erleichtern.

Das von Professor Welcker für derartige Präparate empfohlene Verfahren, den Saum des Deckglases mit einem Wachsrande zu umgeben, ehe man zum Lackverschlusse schreitet, gewährt sehr befriedigende Re-

sultate, wenn während der Ausführung dieses ersten mit der gehörigen Vorsicht zu Werke gegangen und keine Störung in der Lage des Deckglases hervorgerufen worden ist, so dass das Wachs überall auf von Chlorcalcium freie, trockne Stellen des Objectträgers trifft. Dieses letztere ist aber oftmals gerade sehr schwer zu erreichen, indem man beim Aufbringen des Wachsrandes leicht das Deckglas etwas aus seiner Lage rücken kann. Welcker stellt den Wachsrand einfach mittelst einer kleinen Wachskerze her, deren Docht meisselförmig zugeschnitten und über der Weingeistlampe soweit erwärmt worden ist, dass das Wachs gerade anfängt zu fliessen, ohne dass der Docht selbst gebräunt worden ist. Ich habe die von H. v. Mohl empfohlene Vorrichtung bequemer und zweckmässiger gefunden, da mittelst derselben der Wachsverschluss weit gleichmässiger und mit grösserer Sicherheit hergestellt werden kann. Dieselbe besteht aus einer kleinen Messingröhre von etwa 3 bis 4″ Länge und ½″ Weite, an die vorn ein in eine ziemlich feine Spitze endigender hohler Kegel angelöthet ist, während der hintere Theil einen Holzstiel aufnimmt. Wird in das Rohr Wachs gebracht, und dasselbe über der Spirituslampe erwärmt, so fliesst letzteres aus der feinen Oeffnung in geringer Menge und sehr gleichmässig aus, während man mit der Spitze den Rand des Deckglases umführt. Die Hauptsache bei diesem ersten Verschlusse ist, dass der Wachsrand nicht zu dick wird, weil er sonst den weiteren Verschluss mittelst des Lackes hindert. Der möglichst flache Wachsrand darf, wenn er als ganz gelungen zu betrachten sein soll, nur etwa 2^{mm} breit sein und etwa 1^{mm} über den Deckglasrand übergreifen. Beim Verstreichen mit Lack, was niemals unterlassen werden darf, muss darauf geachtet werden, dass dieser etwas über die Wachsränder übergreift, weil anderenfalls der Verschluss nicht fest genug haften würde. Die späteren Lackschichten werden ganz so behandelt wie oben angegeben.

So empfehlenswerth auch dieses Verfahren im Ganzen ist und so befriedigende Resultate man durch dasselbe erhält, so laborirt es doch an einer gewissen Umständlichkeit und Unbequemlichkeit, welche Manchem die Ersetzung durch eine andere Verfahrungsweise wünschenswerth machen dürften. Ich selbst habe es längere Zeit befolgt, bin aber aus den genannten Gründen schliesslich zu einem rascheren und bequemeren Verfahren übergegangen, welches ich zuerst bei Professor Schacht gesehen, und welches dieser auch in der neuesten Auflage seines „Mikroskopes" näher beschrieben hat.

Dieses Verfahren, wobei zum Schutze des Präparates gegen Druck auf dem sorgfältig gereinigten Objectträger Streifen des zur Verkittung dienenden Lackes angebracht werden, auf denen das Deckglas ruht, bietet nach meinen langjährigen Erfahrungen hinreichende Sicherheit für einen untadelhaften Verschluss und ist höchst einfach und bequem, so dass es sich für weitere Kreise empfehlen dürfte.

Schacht zieht zwei etwa 2‴ breite parallele Lackstreifen, deren

Entfernung sich nach den Dimensionen des Deckglases richtet und immer etwas kleiner sein muss, als dessen Seitenlänge. Ich ziehe in der Regel drei Lackstreifen, welche ein nach der vierten Seite offenes Quadrat bilden, und bei denen sich der freie Raum auf dem Objectträger nach der Grösse des Deckglases richtet, dessen Ränder etwas über die Streifen übergreifen müssen. Die Dicke der Streifen hat sich natürlich nach dem einzulegenden Objecte zu richten. Für dünnere Schnitte genügt meistens ein einmaliges Auftragen des Lackes, während dickere Präparate eine öftere Wiederholung dieser Operation verlangen, nachdem vorher die frühere Lage fast getrocknet war.

Sind die Streifen sauber ausgeführt, so lässt man sie soweit eintrocknen, dass der Lack zwar nicht mehr zu weich ist und fliesst, doch aber einem leichten Druck auf das Deckglas nachgibt und gut an diesem klebt.

Auf den so hergerichteten Objectträger bringt man in den freien Raum zwischen den Streifen eine hinreichende Menge der Chlorcalciumlösung und in diese das Präparat. Das Deckglas legt man mittelst einer Pincette vorsichtig derart auf, dass man es, mit seinem hintern Rande auf der der offenen Seite des Rahmens gegenüberliegenden Seite dieses letztern ruhend, langsam niedersinken lässt. So zieht sich die Flüssigkeit gleichmässig unter dem Deckglase hin, und es wird nur selten vorkommen, dass Luftblasen zurückbleiben. Der etwa vorhandene Ueberschuss der Lösung tritt an der offenen Seite heraus, und kann mittelst weichen Fliesspapieres oder eines etwas breitgedrückten Pinsels entfernt werden. Ebenso kann man auf die oben erwähnte Weise Flüssigkeit nachgeben, wenn diese in zu geringer Menge vorhanden war, so dass der Zwischenraum zwischen Objectträger und Deckglas nicht vollkommen ausgefüllt wurde. Der vollständige Verschluss wird sofort nach der Befreiung des Objectträgers von aller Feuchtigkeit in der Art vorgenommen, dass man zuerst die offene Seite des Quadrates und dann die übrigen mittelst dickeren Lackes verstreicht. Nach Verlauf von einem halben Tage ist der letztere soweit trocken geworden, dass man mittelst wiederholten Auftragens einer zweiten und dritten Schicht des dünneren Lackes den Verschluss in der oben geschilderten Weise vollenden kann.

Statt der Chlorcalciumlösung ist in der neueren Zeit von Dr. Sanio (Bot. Zeitung. 1863, Nr. 47, Seite 359) für Pflanzenpräparate, namentlich für sehr zarte Objecte der vegetabilischen Entwickelungsgeschichte, eine gesättigte Lösung des durch seine wasseranziehenden Kraft ausgezeichneten essigsauren Kalis empfohlen worden. Man verwendet hierzu am zweckmässigsten die officinelle Lösung und lässt davon unter Luftzutritt soviel Wasser abdunsten, dass sie gerade gesättigt ist. Ich habe diese Aufbewahrungsflüssigkeit mehrfach angewendet und kann die Angaben Sanios bestätigen. Vorzugsweise schön finde ich darin bewahrte Theilungszustände von Ulothrix zonata. Die Fäden sind nach Monaten noch so gut erhalten, als ob sie frisch eingelegt seien;

es ist darin weder eine Schrumpfung der Zelle noch eine merkliche Veränderung der Farbe des Chlorophylls wahrzunehmen. Für manche solcher vegetabilischer Präparate, in denen man das Chlorophyll zu bewahren und in dem Inhalt die möglich geringste Störung hervorgerufen wünscht, dürfte sich das essigsaure Kali ganz besonders empfehlen; es wird aber ebenso gut auch für alle anderen Objecte der Pflanzenhistiologie verwendet werden können. Ueber sein Verhalten den thierischen Geweben gegenüber für gewisse Objecte habe ich bis jetzt noch keine Erfahrungen gemacht, glaube aber zuversichtlich, dass es auch hier recht gute Dienste leisten wird, und möchte es daher zu entsprechenden Versuchen empfehlen.

Von den verdunstenden wässerigen Aufbewahrungsflüssigkeiten sind theils einfache Lösungen von Zucker, Kreosot und Salzen, verdünnte Essigsäure, verdünnter Alkohol und dergleichen, sowie mehrere Mischungen im Gebrauche.

Aufbewahrung in einfachen verdunstenden Flüssigkeiten. — Die Zuckerlösung, welche zuerst von Professor Schleiden und dann auch von Schacht empfohlen worden ist, bereitet man sich aus 1 Theil Syrupus simplex auf 2 Theile Wasser, denen man, um Gährung zu verhindern, etwas Sublimatlösung zufügt. Sie eignet sich für alle sehr zarten Präparate, indem sich dieselben, abgesehen von einer geringen Aufhellung, darin fast unverändert erhalten. Für diese Lösung dürfte indessen in dem essigsauren Kali ein um so willkommenerer Ersatz gefunden sein, als bei dem letzteren der Verschluss weit sicherer und ein Verdunsten nicht zu fürchten ist.

Die Kreosotlösung erhält man durch Vermischen einer filtrirten gesättigten Kreosotlösung mit gleichen Theilen 32 gradigen Weingeistes und 20 Theilen destillirten Wassers. Es eignet sich dieselbe nach Harting namentlich für manche thierische Präparate, z. B. von Muskeln, Bindegewebe, Sehnen, Knorpel, für Durchschnitte von Knochen und Zähnen, für die Fasern der Krystalllinse u. s. w.

Für diese Objecte kann man indessen statt der Kreosotlösung eine Lösung von arseniger Säure benutzen, in der sich auch solche Gewebe aufbewahren lassen, welche das Kreosot nicht vertragen. Man bereitet sich diese Flüssigkeit nach Harting, indem man einen Ueberschuss arseniger Säure mit Wasser kocht, nach der Abkühlung filtrirt und das Filtrat mit der dreifachen Menge Wassers verdünnt.

Verdünnte Kochsalzlösung von 1 Theil Salz auf 200 Theile Wasser wurde von manchen Beobachtern zur Aufbewahrung zelliger thierischer Gewebe empfohlen.

Eine Lösung von kohlensaurem Kali in 200 bis 500 Theilen destillirtem Wasser wird von Harting als ausgezeichnete Aufbewahrungsflüssigkeit für die Nervenprimitivröhren empfohlen, und soll sich auch gut für andere faserige Gewebe eignen, bei denen eine Aufhellung nicht schadet oder gar erwünscht ist.

Die Lösung von doppelt chromsaurem Kali eignet sich in mässiger Verdünnung recht gut zur Aufbewahrung mancher thierischer Präparate. Vor allem aber dürfte sie für solche Präparate aus der vegetabilischen Gewebelehre geeignet sein, in denen man die Vertheilung der Gerbstoffe zur Anschauung bringen will, und die man vorher schon mit einer concentrirteren Lösung des Salzes behandelt hatte. Auch das Stärkemehl erhält sich ganz schön darin, und es tritt seine Schichtung sehr deutlich hervor.

Stark verdünnte Lösungen von Sublimat sind von Harting als Aufbewahrungsflüssigkeit sowohl für vegetabilische als thierische Präparate empfohlen worden, und bewähren sich auch in mancher Hinsicht recht gut, namentlich wenn man den von Harting gegebenen Rath befolgt und erst durch Versuche denjenigen Concentrationsgrad ermittelt, welchen ein bestimmtes Object am besten verträgt.

Harting hebt namentlich die Brauchbarkeit dieser Lösungen für die Aufbewahrung von Blutkörperchen hervor und empfiehlt für das Blut des Menschen und der Säugethiere eine Lösung von 1 : 200, für das der Vögel von 1 : 300, für jenes des Frosches von 1 : 400. Ausser für das Blut eignet sich Sublimat nur noch für Präparate von Knorpel, Muskeln und der Krystalllinse.

Was die Anwendbarkeit für Pflanzenpräparate betrifft, so kann ich die Angaben von Harting nicht bestätigen. Das Stärkemehl erhält sich wohl darin, das Chlorophyll aber verblasst, und selbst bei Lösungen von 1 : 600, wie ich sie angewendet habe, treten hier und da in den zarten Algenzellen ziemlich bedeutende Schrumpfungen ein. Dagegen eignen sich solche verdünnte Lösungen sehr gut für Präparate, in denen man die Kerne nebst den von ihnen ausstrahlenden Protoplasmaströmchen zur Anschauung bringen will, die darin bedeutend dunkler werden.

Verdünnte Essigsäure dürfte sich vor allen da empfehlen, wo man das Hervortreten mancher Elementartheile, z. B. der Zellkerne, der Nervenröhren, bewirken oder gewisse, mittelst derselben aufgehellte Structurverhältnisse in diesem Zustande erhalten will.

Alkohol in einer 5- bis 8maligen Verdünnung mit Wasser findet nur für einzelne Präparate der thierischen Gewebelehre Anwendung, die man von in demselben Mittel bewahrten Körpertheilen u. s. w. gewonnen hat und welche dann bestimmte Structuren zeigen. Derartig aufgelegte Präparate sind am allerschwersten luftdicht zu verschliessen, weshalb man den Alkohol als Aufbewahrungsflüssigkeit schon aus diesem Grunde so viel als thunlich umgehen wird.

Alle die zuletzt genannten Lösungen haben das mit einander und mit den folgenden gemein, dass sie, um vor dem Eintrocknen geschützt zu werden und die ursprüngliche Zusammensetzung der complicirteren Gemische zu bewahren, einen vollkommen luftdichten Verschluss verlangen. Als recht geeignet hierfür habe ich den Oschatz'schen Kitt aus Bleiweiss und Copalfirniss gefunden, der, wenn er zu stark eingetrocknet

ist, mittelst Copals wieder auf den gehörigen Consistenzgrad gebracht werden kann. Man erreicht indessen seinen Zweck auch ganz gut mittelst Anwendung der oben genannten Verschlussmittel, wenn man nur mit der gehörigen Vorsicht verfährt und namentlich die Lackstreifen nicht zu stark eintrocknen lässt, so dass das Deckglas etwas in dieselben eindrückt, und wenn man die offene Seite mit einem etwas consistenten Lack verschliesst. Dabei hilft ein kleiner Kunstgriff nicht wenig. Man gibt nämlich nur soviel Aufbewahrungsflüssigkeit zu dem Präparate, dass dieselbe den Innenraum nach dem Auflegen des Deckglases nicht ganz ausfüllt und nach der offenen Seite hin ein schmaler Streifen zwischen Objectträger und Deckglas trocken bleibt, was mittelst einiger Vorsicht leicht erreicht wird. Nun streicht man den Lack etwas scharf in die Kante. Es füllt dann ein Theil desselben den frei gebliebenen Raum aus, und man erzielt, nachdem man den Lackrahmen noch 2 bis 3 Mal erneuert hat, einen vollkommen dichten Verschluss.

Ich bewahre derart mittelst des Maskenlackes verschlossene Präparate, welche in sehr verdünnter Sublimatlösung liegen, nun schon seit 2 Jahren auf, ohne dass der geringste Fehler im Verschluss bemerkbar wäre.

Hier dürfte sich auch die Welcker'sche Verschlussmethode mittelst Wachses als vorzugsweise geeignet empfehlen und würde die Sicherheit des Verschlusses die darauf verwendete Zeit und Mühe reichlich lohnen.

Aufbewahrung in zusammengesetzten verdunstenden Mischungen. — Von zusammengesetzteren Mischungen sind in der letzten Zeit eine ganze Menge empfohlen worden, deren Werth zum Theil ein illusorischer ist, indem sie ohne Schaden für das Präparat durch eine oder die andere der erwähnten einfacheren Flüssigkeiten vertreten werden können. Ich werde mich daher auch auf einige wenige der für gewisse Objecte besonders geeigneten und erprobten beschränken.

Zunächst verdienen die sogenannten Pacini'schen Gemische Beachtung, welche Abänderungen des „Liqueur conservatoire“ darstellen, der sich als Aufbewahrungsflüssigkeit für durchsichtige Präparate als ziemlich unbrauchbar erwiesen hat. Pacini hat zwei verschiedene Mischungen empfohlen. Die erste derselben soll sich namentlich für alle zarte proteïnhaltige Gewebe, für Blutkörperchen, Nerven, Ganglien, Krebszellen, Retinapräparate u. s. w. eignen. Sie besteht aus 1 Theil Sublimat, 2 Theilen Kochsalz, 13 Theilen Glycerin (von 25° Beaumé) und 113 Theilen destillirtem Wasser. Vor dem Gebrauche wird das Gemisch wenigstens 2 Monate stehen gelassen, dann 1 Theil davon mit 3 Theilen destillirten Wassers verdünnt und filtrirt. Die andere Mischung, welche aus 1 Theil Sublimat, 2 Theilen Essigsäure, 43 Theilen Glycerin und 215 Theilen destillirtem Wasser besteht, und ähnlich behandelt wird wie die erste, zeichnet sich namentlich dadurch aus, dass sie die farbigen Blutkörperchen zerstört, während die farblosen unversehrt erhalten bleiben.

Einige Abänderungen dieser Gemische, welche ich dem Werke von Frey entnehme, werden in dem physiologischen Institute zu Berlin für verschiedene Gewebe in Anwendung gebracht und dürften zu weiteren Versuchen umsomehr zu empfehlen sein, als sie sich leicht herstellen lassen.

So dient z. B. eine Mischung von 1 Theil Sublimat, 2 Theilen Kochsalz und 100 Theilen Wasser zur Aufbewahrung gefässreicher Gewebe der warmblütigen, eine solche von 1 Theil Sublimat, 2 Theilen Kochsalz und 200 Theilen Wasser für jene der kaltblütigen Thiere, ein Gemisch von 1 Theil Sublimat, 1 Theil Kochsalz und 300 Theilen Wasser für Eiterkörperchen und verwandte Gebilde, von 1 Theil Sublimat und 300 Theilen Wasser für Blutkörperchen, von 1 Theil Sublimat, 1 Theil Essigsäure und 300 Theilen Wasser für Epithelialzellen, Bindegewebe und Eiterzellen, in denen die Kerne hervortreten sollen, von 1 Theil Sublimat, 3 Theilen Essigsäure und 300 Theilen Wasser für Bindegewebe, Muskeln und Nerven, von 1 Theil Sublimat, 5 Theilen Essigsäure und 300 Theilen Wasser für Drüsen, von 1 Theil Sublimat, 1 Theil Phosphorsäure und 30 Theilen Wasser für Knorpelgewebe.

Aufbewahrung in Wasserglas. — Das neuerdings von Professor Welcker als Aufbewahrungsflüssigkeit empfohlene Wasserglas, mittelst dessen der genannte Forscher, wie ich mich in der neuesten Zeit überzeugt habe, ganz schöne Resultate erzielte, habe ich vielfach und in den verschiedensten Qualitäten versucht. Es hat sich indessen nicht ein einziges Präparat darin erhalten, womit auch die Erfahrungen von H. v. Mohl und von Schacht übereinstimmen. In der ersten Zeit nach dem Einlegen erweckten derartige Präparate allerdings Hoffnungen, aber schon nach wenigen Wochen erschienen dieselben durch auskrystallisirtes Salz sowie eine Menge von Hohlräumen (Luftblasen) vollständig verdorben. Was übrigens die Leichtigkeit der Behandlung betrifft, so kann die oben erwähnte Mischung aus Glycerin, Gelatine und Wasser oder eine solche aus Glycerin, arabischem Gummi und Wasser, aus ersterem und Chlorcalcium dem Wasserglase geradezu an die Seite gesetzt werden und liefert jedenfalls günstigere Resultate.

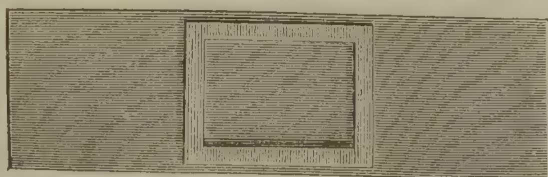
Aufbewahrung voluminöser Präparate. — In der Regel wird man mit den geschilderten Verfahrungsweisen für die Aufbewahrung histiologischer Objecte ausreichen. Für einzelne Fälle jedoch, namentlich für Injectionspräparate sowie manche andere Objecte aus der thierischen Gewebelehre und Entwickelungsgeschichte, für morphologische Präparate des Pflanzenreiches, für durchsichtige niedere Thiere und Pflanzen, die ganz oder in gewissen Theilen aufbewahrt werden sollen, und die eine ziemlich bedeutende Dicke besitzen, verlangt das Verfahren eine entsprechende Abänderung. Man reicht hier mit dem einfachen Objectträger, Deckglas und Kitt nicht mehr aus. Es muss ein mehr oder minder tiefer Hohlraum auf dem ersteren hergestellt werden,

welcher das betreffende Object sammt der es umspülenden Flüssigkeit aufnimmt. Diese Hohlräume sind unter dem Namen der Zellen bekannt und mancherlei Vorschriften zu deren Anfertigung im Umlaufe. So hat man Zellen aus Guttapercha, Kautschuk, Stanniol, Glas und verschiedenen dickflüssigen Kittmassen. Zu Kautschuk- und Guttaperchazellen kann ich kein grosses Vertrauen fassen, ausserdem ist die ganze Manipulation zu ihrer Herstellung mit allerlei Umständlichkeiten verknüpft, so dass ich dieselben nicht zu empfehlen vermag und mich daher auf deren Anfertigung auch nicht weiter einlasse. Ich ziehe, wo es irgend geht, die aus dem auch zum Verschlusse dienenden Kitte oder Lack verfertigten Zellen vor, greife aber da, wo diese nicht ausreichen, zu Glaszellen, die ich mir entweder auf die weiter unten beschriebene Weise herstelle oder fertig beziehe.

Die aus Kitt oder Lack angefertigten Zellen sind überall da anwendbar, wo die Dicke des aufzubewahrenden Präparates keine sehr bedeutende, etwa in der Grenze zwischen $^1/_2$ bis 1^{mm} sich bewegende ist. Man verfährt bei deren Herstellung ebenso, wie es oben von den Lackstreifen beschrieben wurde, und gibt ihnen die passende Höhe durch mehrfaches Auftragen. Höhe und Form müssen sich natürlich nach dem aufzubewahrenden Objecte richten und kann die letztere je nach Umständen ein Quadrat oder ein Rechteck bilden, wobei der Lackwall etwa die Breite von 5 bis 6 Millimetern erhält. Diese Zellen fertigt man sich am besten jedesmal beim Bedarf an und lässt den Lack oder Kitt gerade soweit trocken werden, dass er dem Druck des Deckglases noch nachgibt und so eine vollständig ebene Unterlage dieses letzteren bildet. Will man sich Zellen vorräthig anfertigen, so ebnet man den Rahmen dadurch, dass man ihn in dem oben erwähnten Stadium des Trocknens auf eine Glasplatte aufdrückt, wobei man ausserdem erreicht, dass derselbe auf allen Seiten von gleicher Höhe wird, was bei trockenen Zellen nicht ohne Einfluss auf einen vollkommen dichten Verschluss ist.

Hat man dickere Objecte aufzubewahren, so greift man zu den aus Glas aufgebauten Zellen. Am billigsten und einfachsten stellt man sich dieselben eigenhändig her. Man lässt sich nämlich 3 bis 4^{mm} breite Glasstreifen aus Spiegelglas schneiden, von denen die einen eine Länge von etwa 20 bis 25^{mm}, die anderen von 12 bis 16^{mm} haben und baut daraus seine Zellen in rechteckiger oder quadratischer Form auf, indem man die Glasstreifen entweder mittelst Canadabalsams oder des zum Verschlusse dienenden Lackes auf dem Objectträger festkittet (Fig. 236).

Fig. 236.



Die fertig bezogenen Glaszellen wählt man wegen der Form der Deckgläschen am besten von rechteckiger oder quadratischer Form mit rundem oder länglichrundem Aus-

schnitt (Fig. 237 u. 238), und befestigt dieselben in angegebener Weise auf dem Objectträger.

Fig. 237.

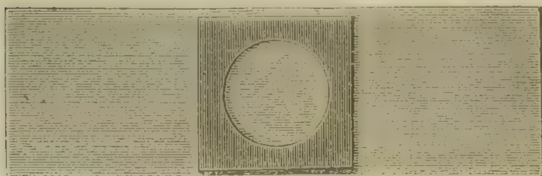
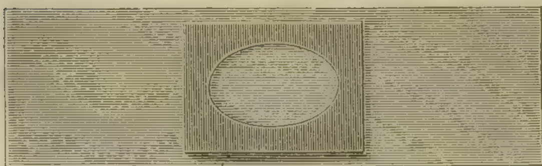


Fig. 238.



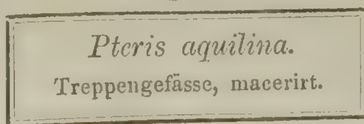
Beim Aufbringen der Präparate hat man hier mit besonderer Vorsicht zu verfahren, um einen dichten und vollkommen haltbaren Verschluss zu erreichen.

Zunächst ist die Grösse des Deckglases so zu wählen, dass dasselbe den Innenrand des Zeilwalles um mindestens 1 bis $1^1/_2$ mm überragt, von dem Aussenrand aber ebensoweit zurückbleibt. Dann hat man darauf zu achten, dass der innere Raum der Zelle vollständig mit Flüssigkeit erfüllt wird und durchaus keine Luft zurückbleibt, die gerade hier sehr störend wirken würde. Um dieses zu erreichen, schiebt man am besten das Deckglas von dem einen Rande her allmälig und vorsichtig über den Zellwall hin, wobei die überschüssige Flüssigkeit aus der Zelle verdrängt wird, ohne dass Luft hinzutreten kann. Einige Uebung wird in dieser Manipulation bald die nöthige Fertigkeit gewähren, so dass das Auflegen ganz nach Wunsch gelingt.

Ist das Deckglas aufgelegt, so entfernt man mittelst Fliesspapieres oder Pinsels die auf den Rand der Zelle getretene Flüssigkeit, trocknet denselben vollständig rein ab, verstreicht zuerst die oberen Ränder von Deckglas und Zelle und umgibt dann die letztere auch noch von aussen mit einer Lackschicht. Die weitere Behandlung erfolgt in der oben geschilderten Weise, und kann man das Präparat als gelungen betrachten, wenn nach mehrere Tage langem Liegen sich keine Luftblasen zeigen.

Bezeichnung der Präparate. — Die letzte Arbeit, welche bei dem aufzubewahrenden Präparate stattzufinden hat, besteht in deren Bezeichnung. Diese geschieht am zweckmässigsten auf Papierstreifen, welche man an einer der schmalen Seiten des Objectträgers mittelst einer Gummilösung aufklebt (Fig. 213, Seite 268). Diese Etikette muss zunächst den Namen der Pflanze oder des Thieres, wovon das Präparat abstammt, und dann seine nähere Bezeichnung enthalten z. B.:

Fig. 239.



Ist auf der Etikette noch Raum vorhanden, so ist es gut, auch die Aufbewahrungsflüssigkeit anzumerken, wie dies Welcker empfohlen hat. Dies lässt sich leicht durch ein paar Buchstaben bewerkstelligen, indem man z. B. C. B. für Canadabalsam, Gl. für Glycerin, Chl. C. für Chlorcalcium setzt u. s. w.

Schutzleisten. — Manche Mikroskopiker versehen ihre Präparate zu beiden Seiten mit sogenannten Schutzleisten, d. h. mit kleinen Glasleisten, welche mittelst Wasserglases, Canadabalsams oder Gummi arabicums auf den Objectträger befestigt werden. Ich kann dieselben nur für den Fall empfehlen, dass Präparate beim Versenden auf einander gelegt werden sollen.

Bei der gegenwärtig vielfach üblichen Einordnungsmethode der Präparate sind diese Leisten allerdings nöthig, um Druck, Zerbrechen und andere Beschädigungen zu vermeiden. Sie führen indessen beim Betrachten der fertigen Präparate eine grosse Unbequemlichkeit mit sich, indem sie, wenn man dem Objecte nicht eine, oft für die Beobachtung unpassende Lage geben will, verhindern, dass man den Abstand des Objectivsystemes von der Oberfläche des Deckglases beobachten kann. Hierdurch aber wird, namentlich bei stärkeren Systemen, die Einstellung erschwert und zeitraubend gemacht. Und da die Präparate der Beobachtung wegen vorhanden sind, so sollte man sich diese auf jede mögliche Weise zu erleichtern und zeitersparend zu machen suchen. Statt der Einordnungsweise halber die Handlichkeit des Präparates zu beeinträchtigen, sollte man lieber der letzteren halber die erstere modificiren.

2. Einordnung der Präparate.

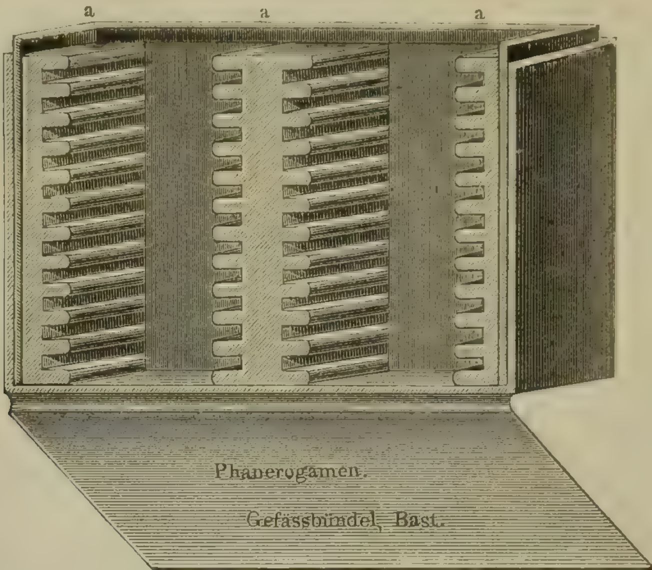
Die Einordnung der Präparate geschieht in aus Holz oder Pappe verfertigten Kästchen. Manche Mikroskopiker benutzen flache Schiebladen ähnliche Kästchen, in denen entweder nur eine Lage (Harting) oder mehrere Lagen übereinandergeschichtet (Schacht) untergebracht werden. Andere gebrauchen prismatische Kästchen (wie sie von Vogel in Giessen zu beziehen sind), in denen 40 bis 50 mit Schutzleisten versehene Präparate übereinander stehen und welche so in grössere Kästen eingesetzt werden, dass jene eine horizontale Lage erhalten.

Ich habe aus oben genannten Gründen schon lange die altgewohnten Kästen verlassen und mir die meinigen so einrichten lassen, dass nicht nur jene umbequemen Glasleisten wegfallen, sondern auch die Uebersicht über sämmtliche Präparate sehr erleichtert und damit eine gewisse Eleganz verbunden wird. Vielleicht darf ich hoffen, manchem Mikroskopiker einen Dienst zu erweisen, wenn ich meine Einrichtung näher beschreibe.

Die aus starker Pappe gefertigten Kästchen, in denen die Präparate zunächst untergebracht werden, bilden kleine Schränkchen, welche, da

meine Objectträger 45^{mm} lang und 30^{mm} breit sind, im Lichten eine Länge von 120^{mm}, eine Tiefe von 35 bis 40^{mm} und eine Höhe von 80^{mm} haben. Im Innern befinden sich 3 Träger *aaa*, welche in der, an der Fig. 240 angedeuteten Weise eingeschnitten sind, so dass jedes Kästchen 24 Präparate aufnehmen kann. (Man könnte allerdings auch mehr, etwa 50 Präparate

Fig. 240.



in einem Kästchen unterbringen; allein ich glaube, dass dadurch die Handlichkeit sowie die Festigkeit leiden würde.) Die Vorderwand des Kästchens bildet eine Klappe ähnlich wie die der Secretaire, und der Verschluss geschieht mittelst eines von oben her etwas über Wände und Klappe greifenden Deckels, der auf seiner Oberseite die allgemeinere Bezeichnung trägt (z. B. Kryptogamen, Lebermoose, Coniferen, Histiologie des Holzkörpers u. s. w.). Die speciellere Bezeichnung wird in der in der Figur angedeuteten Weise auf die, innen weiss überklebte Klappe geschrieben. Die Durchmusterung der Präparate ist nun ausserordentlich einfach und kann man sich dieselbe noch erleichtern, wenn man die einzelnen Einschnitte numerirt, und auf der Innenseite der Klappe, zu beiden Seiten der eben erwähnten Aufschrift und neben die gleichen Nummern die nähere Bezeichnung der entsprechenden Präparate hinschreibt.

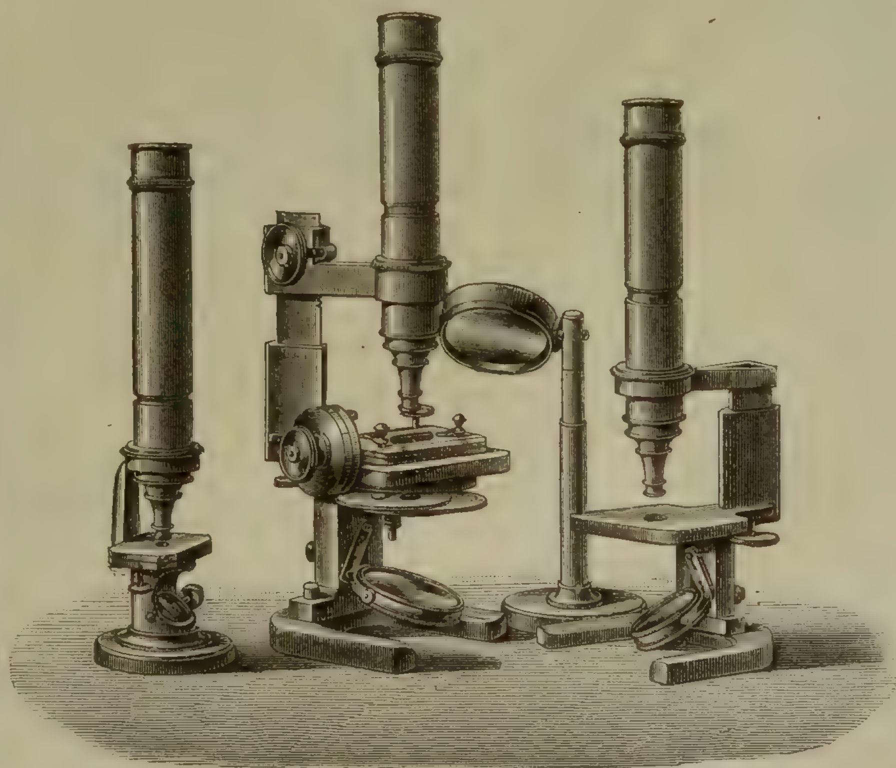
Diese Kästchen kommen nun, zu etwa sechs bis zwölf, aufrechtstehend in einen länglichen Holzkasten, so dass sich die Präparate in horizontaler Lage befinden. Will man sich das Herausnehmen aus den grösseren Kästen erleichtern, so darf man nur zwischen je zwei Kästchen eine bis zur halben Höhe reichende Scheidewand anbringen lassen.

Auch zum Transportiren lassen sich ähnliche, nur kleinere Kästchen verwenden, bei denen die vordere Klappe füglich wegfallen und durch den Deckel ersetzt werden kann.

NACHTRAG.

G. und S. Merz in München haben ihre Stative in neuerer Zeit etwas geändert, und gebe ich nachträglich eine Abbildung der Stative

Fig. 241.



I. Grosses Mikroskop mit Schraubenmikrometer und grosser Beleuchtungslinse auf besonderem Stative. II. Mittleres Mikroskop. III. Kleinstes Mikroskop.

Nro. I. (grosses), II. (mittleres) und III. (kleinstes) (Fig. 241). Der Tisch ist nur bei dem ersteren, welches grobe Einstellung durch Zahn und Trieb und eine rotirende, an einem Stäbchen senkrecht verschiebbare

Blendungsscheibe besitzt, um die Achse drehbar, aber auch bei dem zweiten, mit grober Einstellung durch Verschiebung des Rohres und nicht senkrecht beweglicher Blendungsscheibe versehenen ausreichend räumlich.

Von den Objectivsystemen hatte ich bei einem Besuche des optischen Institutes Gelegenheit, fast sämmtliche Nummern, namentlich die stärkeren von $^1/_{12}''$ bis zu $^1/_{24}''$, näher zu prüfen. Diese letzteren besitzen eine bedeutende auflösende Kraft und verdienen insofern vollkommen das ihnen von mehreren Seiten gespendete Lob. An Schärfe der Linien zarter organischer Objecte stand das Bild, soweit ich mein Probeobject (Querschnitt von Pinus) benutzen und die Zeichnung der Diatameen einen Anhalt gewähren konnte, etwas hinter den gleichstarken Objectivsystemen Hartnack's zurück, die ausserdem einen beträchtlich grösseren Abstand vom Deckglase besitzen. Jedenfalls sind die neuesten Erzeugnisse des altbekannten, in rühmlicher Weise nach Vollendung strebenden optischen Institutes dem Besten, was wir besitzen, an die Seite zu stellen. Die Preise der Seite 172 aufgeführten Instrumente sind nach dem neuesten Preiscourante etwas herabgesetzt, und zwar bei dem Mikroskope Nro. 1 auf 420 Fl. (240 Thlr.), bei Nro. 2 mit den Systemen 1″, $^1/_3''$, $^1/_9''$, $^1/_{12}''$ und $^1/_{18}''$ und 4 Ocularen auf 280 Fl. (160 Thlr.). Das Mikroskop Nr. 4 mit Stativ Nro. 2, den Systemen $^1/_3''$ und $^1/_{12}''$ und 3 Ocularen kostet 70 Fl. (40 Thlr.) und verdient seines mässigen Preises und seiner sonstigen trefflichen Eigenschaften halber eine recht weite Verbreitung.

Berichtigungen.

S. 131. In der Anmerkung lies: „die Streifen *b* beim Stich“ statt: „die Streifen beim Stich“.

S. 341. Die Ueberschrift: „Beseitigung fester und flüssiger Substanzen.“ muss auf S. 340, Zeile 1 v. u. stehen, vor: „Um Harze etc.“

S. 414, Zl. 5 v. u. lies „grössten“ statt „kleinsten“.

S. 414, Zl. 4 v. u. lies „kleinsten“ statt „grössten“.

DAS

MIKROSKOP

UND

SEINE ANWENDUNG.

Holzstiche
aus dem xylographischen Atelier
von Friedrich Vieweg und Sohn
in Braunschweig.

Papier
aus der mechanischen Papier-Fabrik
der Gebrüder Vieweg zu Wendhausen
bei Braunschweig.

DAS

MIKROSKOP

UND

SEINE ANWENDUNG

VON

Dr. LEOPOLD DIPPEL.

ZWEITER THEIL.

Anwendung des Mikroskopes auf die Histiologie der Gewächse.

MIT ZAHLREICHEN IN DEN TEXT EINGEDRUCKTEN HOLZSTICHEN UND 8 LITHOGRAPHIRTEN TAFELN.

BRAUNSCHWEIG,

DRUCK UND VERLAG VON FRIEDRICH VIEWEG UND SOHN.

1869.

SR. KÖNIGLICHEN HOHEIT

DEM

GROSSHERZOGE VON OLDENBURG,

DEM HOHEN FÖRDERER

SEINER WISSENSCHAFTLICHEN ARBEITEN

IN

EHRFURCHTSVOLLSTER DANKBARKEIT

GEWIDMET.

VORREDE.

Ueber Zweck und Umfang dieses Theiles, welcher zugleich eine gedrängte, aber möglichst umfassende Darstellung der vegetabilischen Histiologie enthält, hat sich der Prospect hinreichend ausgesprochen. Man wird mir daher in dieser Beziehung jede weitere Erörterung an dieser Stelle um so eher erlassen, als das Buch selbst für sich zu sprechen hat. Ich hoffe, es soll allen denen willkommen sein, für die ich es zunächst bestimmt habe und denen es — sei es zur mehr allgemeinen, bestimmten Zwecken dienenden Orientirung, sei es zur Vorbildung für eigene specielle Untersuchungen — darum zu thun ist, in wahrem Interesse für die Wissenschaft auf der von Schleiden vorgezeichneten Bahn exakter Forschung fortzuschreiten. Auch die Arbeiter in verwandten Gebieten, namentlich in der Phyto-Paläontologie, werden darin, vorzugsweise aber in den Abschnitten über die Untersuchung der Gewebe und der Organe, manches verwendbare Material zu Anhaltspunkten für ihre Beobachtungen finden.

Während des Druckes, der schon vor über zwei Jahren begonnen hat und für eine grössere Bogenanzahl vollendet war, sich dann aber verzögerte, sind auch die zweite Abtheilung des Mikroskopes von Nägeli und Schwendener, sowie mehrere andere botanische Werke und Abhandlungen erschienen, welche das ganze Gebiet oder einzelne Theile der Pflanzenhistiologie zum Gegenstande haben. Ich hätte dieselben in späteren Bogen bei der Literaturangabe anführen können, habe es aber unterlassen, weil ich sie an anderen Stellen

nicht mehr aufzuführen vermochte, und werde in den Nachträgen auf dieselben hinweisen.

Zu einer Aenderung meiner histiologischen Anschauungen, die ich in Gesammtheit solange festhalten und vertreten werde, als sie nicht durch unzweifelhafte Thatsachen, sondern höchstens durch subjective Ansichten und Zeichnungen — wie z. B. die über Caulerpa u. s. w. veröffentlichten — widerlegt werden, gaben mir dieselben keine Veranlassung. Ebenso wenig mochte ich daraus Gründe zur Polemik schöpfen. Diese gehört zunächst nicht in ein Buch dieser Art. Dann bietet zur Beurtheilung von ungenügend gestützten, von selbstgenüglichem Dogmatismus diktirten Hypothesen, mit denen unsere Wissenschaft in der letzteren Zeit gar reichlich beschenkt worden ist, wie zur Kritik von falsch gedeuteten, oder unrichtigen, auf unzureichender Präparation beruhenden Thatsachen, eine richtig gewählte, mit Gewissenhaftigkeit und strengster Kritik der eigenen Präparate geübte Methode der Untersuchung, wozu ich anzuleiten versucht habe, den sichersten Weg.

Idar, im Januar 1869.

Dr. Leopold Dippel.

Inhaltsverzeichniss des zweiten Theiles.

Erster Abschnitt.

Untersuchungen über die Zelle als Einzelwesen.

Zweiter Abschnitt.

Untersuchungen über die Gewebe der höheren Gewächse.

Dritter Abschnitt.

Die Pflanzenzelle in ihrem Einflusse auf das polarisirte Licht.

Vierter Abschnitt.

Untersuchungen über den Bau der Organe.

ERSTER ABSCHNITT.

UNTERSUCHUNGEN ÜBER DIE ZELLE ALS EINZELWESEN.

I. Allgemeine Organisation der Zelle.

Die Pflanzenzelle, in ihrem ursprünglichen Zustande nicht wesentlich von der thierischen Zelle verschieden, ist ein in gewisser Beziehung selbständiger mikroskopischer Organismus (Elementarorgan), dessen Wesen in einer aus Eiweisssubstanzen aufgebauten Membran, der Zellhaut, einem von dieser eingeschlossenen sich in Protoplasma und Zellflüssigkeit sondernden Inhalt und einem in dem ersteren suspendirten Körperchen, dem Zellkerne mit seinen Kernkörperchen, zu suchen ist.

Auf dieser Stufe der Ausbildung ist die Pflanzenzelle zu allen Lebensthätigkeiten befähigt und alle ihr zukommenden Verrichtungen ohne Ausnahme gehen von dieser Primordialzelle aus. Erst in späteren Lebensstadien umgibt sich letztere mit einer zweiten Membran, oder vielmehr Hülle (Kapsel), der Zellstoffhülle, welche aus einem Kohlehydrate aufgebaut ist und durch deren Gegenwart sich die Pflanzenzelle in histiologischer Beziehung wesentlich von der höheren thierischen Zelle und deren im Laufe der Entwickelung eingegangenen Umbildungen unterscheidet.

In der neueren Zeit wird von vielen Seiten einer von der in obiger Erklärung über das Wesen der Pflanzenzelle vertretenen wesentlich abweichenden Zellentheorie gehuldigt. Nach ihr soll der vegetabilischen wie der thierischen Zelle die Zellhaut fehlen, und es soll dieselbe im Wesentlichen aus einem Klümpchen Protoplasma bestehen, welches den Zellkern einschliesst. Die Hauptstützpunkte für diese Theorie werden auf unserem Gebiete in den Beobachtungen über einige niedere Gewächse,

Schleimpilze und dergl. gesucht und die hier gefundenen Resultate dann auf die übrigen Gebiete übertragen.

Auf den herrschenden Streit näher einzugehen ist hier der Ort nicht. Ich habe mein Buch dazu bestimmt, den Anfänger zur Untersuchung anzuleiten, und halte mich daher diesen Gebieten des niedersten organischen Lebens, über die sich heute noch Zoologen und Botaniker streiten, fern. Wer gelernt hat die Zelle in ihren verschiedenen Entwickelungsstufen, Bestandtheilen und Lebenserscheinungen mit Sicherheit zu beobachten, der wird sich, nachdem er, befähigt durch die einfacheren Untersuchungsmethoden, sich mit dem Studium der einschlägigen Literatur und den besonderen auf die schwebende Streitfrage bezüglichen Untersuchungen eingehender befasst hat, selbst sein Urtheil bilden können.

Pringsheim: Untersuchungen über den Bau und die Bildung der Pflanzenzelle 1854.

Max Schultze: Ueber Muskelkörperchen und das, was man eine Zelle zu nennen habe. Bes. Abdr. aus: Reichert's und Du Bois-Reymond's Archiv 1861.

Brücke: Die Elementarorganismen. Sitzungsberichte der Wiener Akademie, 2te Abtheilung 1861.

De Bary: Ueber den Bau und das Wesen der Zelle. Flora 1862. Nro. 1 u. f.

Cienkowski: Zur Entwickelungsgeschichte der Myxomyceten. Pringsheim's Jahrbücher 1862. Bd. III, Hft. 2.

Reichert: Ueber die neueren Reformen der Zellenlehre. Archiv von Reichert und Du Bois-Reymond. 1. und 2. Hft. 1863.

Max Schultze: Das Protoplasma. Leipzig 1863.

Cienkowski: Das Plasmodium. Pringsheim's Jahrbücher 1863. Bd. III, Hft. 3.

Kühne: Untersuchungen über das Protoplasma u. s. w. Leipzig 1864.

De Bary: Die Mycetozoen. Leipzig 1864.

Max Schultze: Ueber Blutkörperchen, dann über das Leuchtorgan von Lompyris splendidula. Dessen Archiv, 1865, Hft. 1.

Cienkowski: Beiträge zur Kenntniss der Monaden. Archiv von Max Schultze, 1865, Hft. 2 und 3.

Vorkommen der Primordialzelle. — Auf der beschriebenen ersten Entwickelungsstufe trifft man die vegetabilische Zelle als Schwärmspore der Algen und Pilze, als Schwärmfaden (Spermatozoid) der ersteren, der Lebermoose, Moose und höheren Kryptogamen, als Keimzelle sämmtlicher Gewächse, als erste Endospermzellen in dem unbefruchteten Embryosacke zahlreicher Familien der Phanerogamen, z. B. der Liliaceen, Irideen, Gramineen, Cucurbitaceen, Convolvulaceen, Solaneen, Umbelliferen, Papilionaceen u. a., endlich als jugendliche Pollenzelle in den durch Viertheilung entstandenen pollenbildenden (Specialmutter-) Zellen.

Beobachtung der Primordialzelle. — Ein instructives Bild der Primordialzelle gewähren vorzugsweise die Keimzellen der höheren Kryptogamen und Phanerogamen, die freien Endosperm- und die jugendlichen Pollenzellen (Fig. I.) *).

---

*) Die mit römischen Ziffern bezeichneten Figurenhinweise beziehen sich durch diesen ganzen Band auf die Figuren der beigegebenen Tafeln, welche fortlaufend numerirt sind.

Das Freilegen der Keimzellen sowie der freien Endospermzellen erfordert eine schon geübte Hand, und muss ich in dieser Beziehung auf den Abschnitt über die Untersuchung der Fortpflanzungsorgane verweisen. Leichter gewinnt man die primordialen Pollenzellen. Querschnitte durch die jungen Antheren geführt liefern in der Regel hinreichendes Material. Um die passende Entwickelungsstufe aufzufinden lässt sich keine allgemeine Regel aufstellen. Man wird mit den betreffenden Schnitten immer bei den jugendlicheren Knospen anfangen und zu immer älteren übergehen müssen, bis man eben das erforderliche Präparat erlangt. Am besten geeignet für diese Untersuchung sind die straussartigen Blüthenstände, weil man bei ihnen alle Entwickelungsstufen der Antheren u. s. w. nebeneinander findet.

Da die Primordialzellen eine sehr zarte, gegen äussere Einflüsse äusserst empfindliche Membran besitzen, und in Folge der stattfindenden Endosmose häufig schon in dem Wasser des Objectträgers platzen, oder doch ihre Form bis zur Unkenntlichkeit verändern, ist es gerathen, dieselben in eine Flüssigkeit zu bringen, welche mit ihrem Inhalte etwa gleichen endosmotischen Exponenten hat. Am passendsten hierzu sind sehr verdünnte Lösungen von Zucker oder Gummi (1 Theil auf 50 bis 100 Theile Wasser), das Jodserum und die demselben analoge Eiweisslösung (Bd. I, Seite 272). Zur Aufbewahrung der einschlägigen Präparate eignet sich die im ersten Theile Seite 474 empfohlene Methode, wenn sie mit gehöriger Vorsicht angewendet wird, vortrefflich.

Der nächste Schritt für die Untersuchung der freien Zelle besteht in der Beobachtung derjenigen Entwickelungsstufe, auf welcher sie die erste Umhüllung aus Zellstoff, die primäre Zellstoffhülle, gebildet hat. Dieser Zustand, welcher den bisherigen Definitionen der lebenden vegetabilischen Zelle als Grundlage gedient hat, während er doch eigentlich nur einer bestimmten Ausbildungsstufe derselben eigen ist, macht sich dadurch kenntlich, dass die Contouren des Umfanges unter passender Vergrösserung verdoppelt erscheinen und das ganze Organ an Festigkeit gewonnen hat. Das passende Material zur Beobachtung gewähren die Keimzellen nach vollzogener Befruchtung, die jugendlichen Pollen- und Endospermzellen, ferner die lose miteinander verbundenen Zellen aus dem Fruchtfleische saftiger Früchte der Himbeere, Kirsche, Schneebeere und dergleichen (Fig. II. und Fig. XIV. *c* u. *d*).

Hat man sich einen Ueberblick über die Hauptbestandtheile der freien Zelle in ihrem ursprünglichen Zustande sowohl, als auf ihrer folgenden Entwickelungsstufe, als Zelle mit primärer Zellstoffhülle verschafft, dann schreitet man zur näheren Untersuchung jener ersteren selbst.

1. Die Zellhaut.

Zur Untersuchung der Zellhaut oder ursprünglichen Zellmembran (Mohl's Primordialschlauch), eignen sich am besten sogenannte

nackte, d. h. hüllenlose Zellen, über deren Vorkommen bereits gesprochen wurde. Man hat dieselben aber ausserdem auch in solchen Zellen kennen zu lernen, welche schon eine Zellstoffhülle besitzen.

Optisches Verhalten der Zellhaut. — In Bezug auf das optische Verhalten der Zellhaut ist hauptsächlich auf die Stärke ihrer Contour, welche nach dem gegenwärtigen Stande unserer Kenntnisse immer einfach erscheint, zu achten, und wird man dieselbe je nach der Zartheit der Membran bald stärker, bald äusserst fein gezeichnet finden. Die Begrenzung selbst wird bald glatt, bald anscheinend körnig erscheinen. Letzteres Verhalten ist indessen, wie man sich durch geschickte Verwendung der Beleuchtung u. s. w. überzeugen kann, nicht in der Beschaffenheit der Membran an und für sich, sondern lediglich in dem Inhalte begründet, der bei einer mehr oder minder bestimmt körnigen Beschaffenheit durch von Innen nach Aussen wirkenden Druck auf die sehr zarte Membran gleichsam kleine Ausstülpungen derselben hervorruft, die ihr ein körniges Ansehen verleihen.

Verhalten der Zellhaut gegen äussere Einflüsse. — Gegen äussere Einflüsse wird man das Verhalten der primordialen Membran sehr verschieden finden. Hier und da ist dieselbe so äusserst zart, dass sie, wie bereits erwähnt, schon unter der Einwirkung des Wassers, mit welchem das Präparat benetzt wurde, zerfliesst, wie dies z. B. bei den eben entstandenen Keimzellen der Phanerogamen und Kryptogamen der Fall ist. In anderen Fällen besitzt sie dagegen weit mehr Widerstandsfähigkeit und lässt sowohl die Anwendung eines nicht zu starken Druckes als auch chemischer Reagentien zu. Dahin gehören namentlich die durch freie Zellenbildung entstehenden Endospermzellen mancher Pflanzen, sobald sie eine gewisse Ausbildung erreicht haben, d. h. kurz vorher, ehe sie eine Zellstoffhülle erhalten. Tritt aus ihnen, wie es hier und da vorkommt, beim Platzen der Haut im Wasser der Inhalt von selbst aus oder drängt man ihn durch einen nicht zu starken Druck hervor, so bleibt die Zellhaut als ganz oder theilweise entleerte helle, scharf umschriebene, etwas gefaltete Blase zurück, die indessen nach kurzer Zeit der Auflösung anheimfällt. Derselbe Versuch gelingt auch manchmal bei den zur Befruchtung nahezu oder ganz reifen Keimzellen (Keimbläschen) der höheren Kryptogamen. Die Membran der jugendlichen Pollenzelle lässt sich dagegen nur in höchst vereinzelten Fällen von ihrem Inhalte entleeren, ohne dass sie mehr oder minder leidet.

Der Einfluss des Wassers auf sehr zarte Zellen ist oft geeignet Aufschluss über die wahre Structur solcher Membranen zu geben, welche von anscheinend körniger Beschaffenheit sind. Durch den vermöge der Endosmose stattfindenden Wassereintritt in die Zelle wird nämlich die Membran, bevor sie zerstört wird, etwas ausgedehnt und nimmt in Folge dessen eine vollständig glatte Contour an. Es kommt indessen hier viel

darauf an, dass man gerade den richtigen Moment trifft, was natürlich meist vom Zufall abhängt.

Chemische Beschaffenheit der Zellhaut. — Zur Erkennung der chemischen Zusammensetzung der Zellhaut eignet sich die wässerige Jodlösung, indem sie sich mittelst derselben hochgelb färbt und dadurch als aus einem Eiweisskörper aufgebaut erweist. Eine ähnliche Färbung bringt sehr verdünnte Salpetersäure in Verbindung mit Ammoniakflüssigkeit hervor. Zucker und Schwefelsäure bewirken eine rosenrothe, schwefelsaures Kupferoxyd und Kali eine violette Färbung. Es können somit diese Mittel dazu dienen, um den aus der Jodreaction gezogenen Schluss zu stützen. Unter dem Einflusse der genannten Reagentien schrumpft die Zellhaut sammt ihrem Inhalte, wie dies in ähnlicher Weise durch alle wasserentziehenden Mittel: Alkohol, Zucker- und Salzlösung u. s. w., geschieht. Säuren und Alkalien lösen die Zellmembran nicht und möchte ihre zerstörende Wirkung in concentrirterem Zustande mehr eine mechanische als eine chemische sein. Dagegen scheint durch das Kupferoxyd-Ammoniak sowie durch Chromsäure eine wirkliche Lösung herbeigeführt zu werden, und ist es jedenfalls rathsam, den Einfluss dieser Reagentien zu versuchen und zu verfolgen.

Um die Zellhaut in solchen Zellen nachzuweisen, welche bereits ihre Zellstoffhülle gebildet haben, bedarf es einer Behandlung, welche die erstere von der letzteren trennt. Da nämlich die ursprüngliche Membran so fest an der Zellstoffhülle anliegt, dass ihre Contour mit der inneren Contour dieser letzteren verschmilzt, so ist sie als optisch unterscheidbarer Bestandtheil an und für sich nicht wahrzunehmen. Am einfachsten bewirkt man die Isolirung mittelst der sogenannten endosmotischen Mittel: Zuckerlösung, Kochsalzlösung, wässerige Jodlösung und dergleichen. Um aber bei diesem Verfahren alle Störung in den übrigen Inhaltselementen, sowie eine zu bedeutende Gestaltveränderung der primordialen Membran möglichst zu vermeiden, ist es gerathen, jene Lösungen in verschiedenen Graden der Verdünnung wirken zu lassen. Man beginnt dabei mit einer sehr verdünnten Lösung und schreitet erst dann zu einer stärkeren, wenn man mittelst ihrer den gewünschten Erfolg nicht erreicht.

Bei möglichst vorsichtiger Anwendung der genannten Reagentien wird sich die ursprüngliche Zelle in Form eines allseitig geschlossenen, scharf begrenzten innerhalb der Zellstoffhülle liegenden Säckchens zeigen, welches die anfänglich sphärische Gestalt nahezu beibehalten hat (Fig. III.).

Die Einwirkung chemischer Reagentien lässt sich auf die von der Zellstoffhülle abgelöste Membran dann in eben der Weise studiren wie bei den nackten Zellen.

Die Betheiligung der Zellmembran bei den einschlägigen Lebenserscheinungen der Zelle, bei denen nur sie und (mit Ausnahme der endosmotischen Erscheinungen) keineswegs und in keiner Weise die Hülle thätig ist, werden wir betreffenden Ortes in Betracht zu ziehen haben.

H. v. Mohl. Einige Bemerkungen über den Bau der vegetabilischen Zelle. Bot. Zeitung 1844.
Karsten: De Cella vitali. Berolini 1848.
Th. Hartig: Das Leben der Pflanzenzelle. Braunschweig 1844.
H. v. Mohl: Die vegetabilische Zelle. Braunschweig 1850.
W. Hofmeister: Vergleichende Untersuchungen u. s. w. Leipzig 1851.
Alex. Braun: Betrachtungen über die Verjüngung in der Natur. Leipzig 1851.
Schacht: Die Pflanzenzelle. Berlin 1852.
Pringsheim: Untersuchungen u. s. w. Berlin 1854. Jahrbücher Bd. I. und II. Beiträge zur Morphologie und Systematik der Algen.
Unger: Anatomie und Physiologie. Wien 1858.
H. v. Mohl: Der Primordialschlauch. Bot. Zeitung. 1855.
Schacht: Lehrbuch der Anatomie und Physiologie. Berlin 1856.
Dippel: Zur Primordialschlauchfrage. Flora 1856. Ferner: Beiträge zur vegetabilischen Zellenbildung. Leipzig 1858.
Th. Hartig: Entwickelungsgeschichte des Pflanzenkeimes. Berlin 1858.
Schacht: Die Spermatozoidien im Pflanzenreich. Braunschweig 1864.
Es gehören ferner hierhin die botanischen Abhandlungen unter den oben genannten Schriften.

2. Die Zellstoffhülle.

Die Zellstoffhülle, Zellhülle (Zellwand, Zellmembran der Botaniker) ist das Product chemischer, im Innern der Zelle vor sich gehender Processe. Sie ist nächst der Vergrösserung der Primordialzelle das früheste Erzeugniss des organisch vegetabilischen Bildungstriebes, und dazu bestimmt, der ersteren als schützende Umhüllung zu dienen. Während die Zellhaut oder ursprüngliche Membran, der Kern, sowie der bildungsfähige Inhalt und somit die eigentlich lebendige vegetabilische Zelle nach der Erreichung eines gewissen Ausbildungszustandes und nach der Vollendung bestimmter, nur ihnen angehöriger Lebensthätigkeiten der Auflösung verfallen, bleibt die Hülle oft Jahre und Jahrhunderte lang erhalten, und wird dann noch immer nach ihrer Erzeugerin als „Zelle" bezeichnet.

Die Zellhülle erscheint im Laufe ihrer Ausbildung in mancherlei Zuständen und Formen. Wir werden über diese verschiedenseitigen Resultate des Zellenlebens in einem späteren Paragraphen zu sprechen haben. Hier beschäftigt uns zunächst nur die Zellhülle auf der Stufe der Entwickelung, auf der sie als primäre Zellstoffhülle (primäre Membran der Autoren) erscheint.

Zum Studium derselben eignen sich wiederum am besten die freien Zellen. Weniger instructiv, mit Ausnahme etwa der in Zelltheilung begriffenen Fadenalgen, sind die jugendlichen Gewebe, indem einestheils der Zusammenhang mit den Nachbarzellen, sowie der meist stark getrübte Inhalt die Beobachtung bedeutend erschweren, anderentheils die erste über der Zellhaut abgeschiedene Hülle, wie wir weiter unten sehen werden, nicht zur sogenannten Zellhülle wird, sondern anderweitige Umbildung und Verwendung erleidet. Nur für einen bestimmten Zweck, d. h. für die Erkenntniss der Structurlosigkeit, des Fehlens von Streifung, Durchlöcherung u. s. w. bieten uns die aus ihrer Verbindung gelösten Gewebeelemente ein höchst geeignetes Beobachtungsmaterial.

Optisches Verhalten der Zellstoffhülle. — Sobald die primäre Zellstoffhülle über der ursprünglichen Membran abgeschieden und aus dem jedenfalls halbflüssigen Zustande in einen mehr oder minder festen übergegangen ist, macht sich dieselbe durch die doppelte Begrenzungslinie kenntlich, die unter passenden Vergrösserungen von mindestens 300- bis 400mal immer deutlich zum Vorschein kommt (Fig. II. u. III.).

Zu dem optischen Nachweise des frühesten Auftretens der Zellhülle ist sonach eine geschickte und geeignete Steigerung der Vergrösserung das einzige Mittel. Wo man diesen zu führen hat, da darf von vornherein nicht eine zu schwache Vergrösserung angewendet und muss dieselbe erforderlichen Falles soweit möglich gesteigert werden, um sich auf das Sicherste von dem Vorhandensein der doppelten Umgrenzung zu überzeugen. Es ist hierauf umsomehr Bedacht zu nehmen, als in solchen jugendlichen Entwickelungsstadien chemische Reagentien bei schwächeren Vergrösserungen häufig nicht die erforderliche Sicherheit gewähren.

Die Structur der Zellstoffhülle auf dieser Entwickelungsstufe, der man neben der Art und Zeitfolge ihrer eben angedeuteten Uebergangsstufen zunächst seine Aufmerksamkeit zuzuwenden hat, wird sich bei einer genauen Untersuchung mittelst Vergrösserungen von der erwähnten und höherer Stärke stets als vollkommen homogen erweisen. Es sind weder Löcher noch Poren in derselben wahrzunehmen, noch macht sich eine Streifung oder Faltung bemerkbar. Derartige Structurverhältnisse sind sämmtlich Erzeugnisse späterer Entwickelungsprocesse und lassen sich theilweise als den Verdickungsschichten angehörig erweisen.

Um über dies Verhalten völlig genügende Auskunft zu erlangen, bedarf es ausser der Betrachtung der unveränderten Hüllmembran erstlich einer Färbung derselben, wozu sich je nach Umständen Jodlösung, Chlorzinkjodlösung, sowie die erstere in Verbindung mit Schwefelsäure empfehlen, dann des Studiums der Einwirkung quellender Mittel, der Schwefelsäure und des Kalis in verschiedenen Concentrationsgraden, des Kupferoxydammoniaks u. s. w. Die Zellen jugendlicher Gewebe trennt man zum Behufe dieser Untersuchungen mittelst eines der im ersten Bande geschilderten Macerationsverfahren aus ihrer Verbindung und wendet auf dieselben die eben genannten Mittel an.

Wo bei der Anwendung dieser Verfahrungsweisen verdünnte Stellen auftreten, sei es in Form von Poren, sei es in Form von spiralig angeordneten Streifen, da hat man es überall nicht mehr mit der primären Hülle allein zu thun. Man muss dann zu jüngerem Untersuchungsmaterial greifen, also bei den Stengelpflanzen zu jüngeren Internodien emporsteigen, um die geeigneten Entwickelungszustände zu erhalten.

Chemische Beschaffenheit der Zellhülle. — Ihrer chemischen Zusammensetzung nach gehört die Hüllmembran den Kohlehydraten an. In vorgerückterem, nicht genau zu bestimmendem Alter besteht sie stets aus reinem Zellstoff. In dem jüngsten Entwickelungsstadium da-

gegen wird sie, namentlich bei den geschlossenen Geweben der höheren Gewächse, entweder von einer bestimmten Modification dieses Stoffes oder von einer eigenthümlichen Uebergangsverbindung zwischen Stärke (ob immer?) und Zellstoff gebildet, der sie in einzelnen Fällen (Zellen der Pilze, die cambialen Wandungen der Gewebezellen) nicht entwächst.

Zur Ermittelung der chemischen Beschaffenheit gewähren vorzüglich die Chlorzinkjodlösung, ebenso die wässerige Jodlösung in Verbindung mit verdünnter Schwefelsäure, über deren Anwendungsweise im ersten Bande Seite 370 das Nöthige beigebracht worden ist, die geeignetsten Erkennungsmittel. Ausser ihnen versuche man aber auch die Wirkung der Alkalien, sowie des Kupferoxydammoniaks, des schwefelsauren Kupferoxyds und Aetzkalis. Wenn man auch mittelst dieser Reagentien nicht gerade neue Resultate erreichen sollte, so werden doch die durch erstere erlangten controllirt und gefestigt.

Bringt man die ganz junge, sogenannte cambiale Zellhülle geschlossener Gewebe mit Chlorzinkjodlösung, oder Jod- und Schwefelsäure in Berührung, so bleibt dieselbe ungefärbt, ebensowenig ertheilen ihr die oben für die ursprüngliche Membran empfohlenen Reagentien eine Färbung. Aetzkali sowie Kupferoxydammoniak lösen dieselbe auf. Es lehrt dieses Verhalten, dass wir es mit einer Verbindung zu thun haben, welche weder reiner Zellstoff noch ein Eiweisskörper ist. Ich glaube, dass dieselbe eine Uebergangsstufe zwischen Dextrin und Zellstoff bildet, etwa Bassorin ist, was auch neuerdings von Wigand vermuthet wurde (Pringsheims Jahrbücher Bd. III, Heft 1, Seite 115 u. f.)

Wo, wie es bei den freien Zellen und den jungen vegetativen Zellen der Algen der Fall ist, der Uebergang der ersteren Verbindung in Zellstoff sofort mit der Erhärtung und Sichtbarwerdung vollzogen wird, oder wo, wie in den jungen Geweben, sich innerhalb der cambialen Wandung die primäre Zellstoffhülle abgelagert hat, da muss nach der Einwirkung von Chlorzinkjodlösung auf die letztere eine, häufig von Schrumpfung begleitete (Cladophora, Oedogonium, Fig. XIX u. XXI, *g*), mehr oder minder rein blaue bis blauviolette Färbung derselben eintreten. Jod und Schwefelsäure, die aber wegen der zerstörenden Eigenschaft der letzteren für solche jugendliche Zustände nicht so empfehlenswerth sind, wie das vorhergehende Reagens, rufen eine rein blaue Färbung hervor. Aetzkali macht die Hüllmembran jetzt aufquellen, löst sie aber nicht mehr. Das Kupferoxydammoniak wirkt im Ganzen ähnlich, ruft indessen in einzelnen Fällen nach dem Aufquellen, welches mit einer schwachen Bläuung der Membran verbunden ist, auch eine allmälige Löung hervor.

H. v. Mohl: Einige Beobachtungen über die blaue Färbung der vegetabilischen Zellmembran durch Jod. Flora 1840. Vermischte Schriften 1846.

Schleiden: Grundzüge 1. und 4. Auflage.

Mulder: Physiologische Chemie. Braunschweig 1846 bis 1851.

H. v. Mohl: Die vegetabilische Zelle. Braunschweig 1850.

Schacht: Die Pflanzenzelle 1852 und Lehrbuch der Anatomie und Physiologie. Bd. I, 1856.

Pringsheim: Untersuchungen u. s. w.
Dippel: Beiträge u. s. w.
Siehe ferner weiter unten: bei Umbildung der Zelle.

3. Der Zellkern.

Der Zellkern findet sich in allen lebenskräftigen Zellen der Algen, der Leber- und Laubmoose, der Gefässkryptogamen und Phanerogamen. Nur bei den Pilzen und Flechten ist derselbe bis jetzt nicht überall nachgewiesen, obwohl er sich auch bei diesen niedersten Gewächsen in einzelnen Zellenarten: Sporenschläuchen, Sporen u. s. w., wenigstens in den jüngsten Entwickelungsstufen immer und hier und da auch in den vegetativen Zellen findet. Zur Beobachtung des Zellkerns eignen sich vorzugsweise grosszellige saftige Gewebe, so z. B. das Gewebe des Endosperms (Kürbis, Bohne, Lupine u. s. w.), dann das Stengelparenchym aus manchen Familien der Monokotyledonen, der Orchisgewächse, der Lilien u. s. w., ferner die jugendlichen Haarzellen namentlich der Blätter und Blumenblätter, der Staubfäden und des Fruchtknotens mancher Pflanzen.

Form und Stellung des Zellkernes. — Die Form des Zellkernes ist in der Regel linsenförmig, seltener nahezu kugelig (Fig. IV.), und hat man darauf bei der Beobachtung verschiedener Zellenarten Bedacht zu nehmen. Wo es angeht, suche man, um über dieses Verhältniss Klarheit zu erlangen, die Zellen zu rollen oder um 90° zu drehen, um so mit der Flächenansicht die Seitenansicht zu verbinden (Fig. IV, I. *c*).

Nächst der Form ist die Stellung des Kernes von Wichtigkeit, und hat man zu untersuchen, ob sich derselbe dem Wandplasma eingebettet findet, was am häufigsten der Fall sein dürfte, oder ob er, was seltener vorzukommen scheint, im Centrum der Zelle liegt (Fig. V.). Die Drehung der freien Zellen um ihrer Achse wird auch hier die sichersten Anhaltspunkte gewähren. Ebenso bietet zur Entscheidung dieser Frage bei der Ansicht von oben eine geschickte Verwendung der feinen Einstellung ein geeignetes Hilfsmittel, indem man mit Hilfe derselben leicht zu beurtheilen im Stande ist, ob der Zellkern der Wand nahe anliegt oder ob er von derselben mehr oder weniger entfernt und inwieweit er etwa höher oder tiefer liegt als der optische Durchschnitt der Zellwand.

Begrenzung und Kernkörperchen. — Ob der Zellkern eine eigene Membran habe, lässt sich nicht in allen Fällen mit Sicherheit ermitteln, man muss jedoch darüber möglichste Klarheit zu erlangen suchen. In vielen Fällen wird es verhältnissmässig leicht gelingen sich von dem Dasein einer äusseren Schale zu überzeugen, welche den feinkörnigen oder homogen flüssigen bis wachsartig festen Inhalt umschliesst und wohl keinem Kerne und in keinem Entwickelungszustande fehlt.

Vom Inhalte ist besonders ein Element für die Beobachtung von Wichtigkeit. Es ist dies ein rundes festes oder ein bläschenartiges Körperchen, das Kernkörperchen, welches bald im Mittelpunkt, bald an der Wand des Kernes liegt, bald in der Einzahl, bald in der Zwei- bis Mehrzahl vorkommt und in den jüngeren Zuständen des Kernes niemals ganz fehlt (Fig. V, I—IV. *n*).

Chemische Beschaffenheit des Zellkernes. — In seiner chemischen Zusammensetzung stimmt der Zellkern mit der ursprünglichen Membran oder Zellhaut so sehr überein, dass man ihn unbedenklich als aus Eiweissstoffen bestehend ansehen kann. Alle Elemente desselben: Hülle, Inhalt und Kernkörperchen, färben sich nach der Anwendung von Jodlösung oder von Salpetersäure und Ammoniak gelb. Zucker und Schwefelsäure bewirken eine rosenrothe, schwefelsaures Kupferoxyd und Aetzkali eine violette Färbung. Carminlösung wird von dem Kerne begierig aufgenommen und aufgespeichert, so dass man denselben durch Anwendung dieses Mittels leicht sichtbar machen kann. Am stärksten färbt sich hierbei das Kernkörperchen und zeichnet sich so bestimmt vor dem übrigen Inhalte aus. Um eine hinreichend intensive Färbung hervorzurufen, bringt man die entsprechenden Gewebetheile etwa 24 bis 48 Stunden in eine verdünnte Lösung des im 1. Bande beschriebenen carminsauren Ammoniaks und wäscht dann in Wasser aus, dem man einige Tropfen Essigsäure zugesetzt hat. Zur Aufbewahrung solcher Kernpräparate eignet sich am besten Glycerin mit Zusatz von einigen Tropfen concentrirter Essigsäure.

Schleiden: Beiträge zur Phytogenesis. Müller's Archiv 1838. Beiträge zur Botanik 1844. Grundzüge 1. und 4. Auflage.

Nägeli: Zellenkerne u. s. w. Zeitschrift für wissenschaftliche Botanik von Schleiden und Nägeli. Bd. I, Heft 1. 1844. Kernbläschen Heft 3 und 4. 1846.

Th. Hartig: Das Leben der Pflanzenzelle 1844.

H. Karsten: Beiträge zur Kenntniss des Zellenlebens. Bot. Zeitung 1848.

H. v. Mohl: Die vegetabilische Zelle 1850.

Unger: Anotomie und Physiologie der Pflanzen 1850.

Schacht: Die Pflanzenzelle 1852 und Lehrbuch Bd. I, 1856.

H. Crüger: Westindische Fragmente. Bot. Zeitung 1855.

Th. Hartig: Ueber das Verhalten des Zellkerns u. s. w. und Beiträge zur Entwickelungsgeschichte der Pflanzenzelle. Bot. Zeitung 1855.

Dippel: Beiträge u. s. w. 1858.

Th. Hartig: Entwickelungsgeschichte des Pflanzenkeims. 1858.

H. Karsten: Histologische Untersuchungen. 1862.

4. Der Inhalt der Pflanzenzelle.

In dem Inhalte der Pflanzenzelle macht sich ein wesentlicher Unterschied insofern geltend, als man in Form eines Wandbeleges eine mehr oder minder starke Schicht einer zähen, schleimig körnigen Flüssigkeit — das Protoplasma — findet, während der Innenraum von einer wäs-

serigen Flüssigkeit — dem Zellsafte — eingenommen wird. Ausserdem trifft man eine Reihe fester, in dem flüssigen Inhalte suspendirter organischer und unorganischer Verbindungen an.

Protoplasma.

Das Protoplasma erfüllt die jugendliche Zelle, noch ehe sie ihre Zellhülle gebildet hat, fast vollständig. Erst im Laufe der weiteren Entwickelung sondert sich die Zellflüssigkeit in dem Innenraum aus. Dieser Vorgang macht sich in der Regel dadurch erkennbar, dass in der dichteren Protoplasmamasse kleinere oder grössere Hohlräume, sogenannte Vacuolen, entstehen, die durch anfangs breitere, später schmälere Protoplasmabalken von einander getrennt und mit jener Flüssigkeit erfüllt sind. Wo der Zellkern im Mittelpunkt der Zelle verbleibt, da sammelt sich um ihn eine grössere oder kleinere Menge von Protoplasma an, während ein anderer Theil sich nach der Innenfläche der Membran zurückzieht (Fig. V, II). Beide Protoplasmaportionen bleiben dabei durch die erwähnten Balken oder feineren Protoplasmafäden mit einander in Verbindung, welche den Zellsaft, sich niemals mit demselben mischend, durchziehen. Wo der Zellkern dagegen in das Wandplasma gebettet ist, da vereinigen sich die einzelnen Vacuolen zu einer einzigen Centralvacuole und es wird der ganze Innenraum der Zelle von dem Zellsafte oder der Zellflüssigkeit eingenommen; nur in vereinzelten Fällen ziehen sich wenige zarte Protoplasmafäden von einer Wandfläche nach der anderen hinüber (Fig. V, I).

Optisches Verhalten des Protoplasmas. — Für die vollständige Erkenntniss des Wesens der Zelle ist die genaue Beobachtung des optischen Verhaltens des Protoplasmas in deren verschiedenen Entwickelungsstadien von erheblicher Bedeutung. In den ganz jungen, eben erst gebildeten Zellen erscheint dasselbe immer ganz gleichartig und von feinkörniger, halbflüssiger Beschaffenheit. Nur vereinzelt finden sich etwas grössere Körnchen. In weiter vorgerückten Entwickelungsstadien erst geht in der Protoplasmamasse eine Sonderung in zwei Schichten vor sich, von denen die eine, fast ganz homogene, bald mehr bald minder zähflüssige der ursprünglichen Zellmenbran anliegt, während die andere leichtflüssigere und körnige zwischen der äusseren Schicht und der Zellflüssigkeit ihren Platz nimmt, ein Verhalten, was sich selbst bei den durch das Zelleninnere verlaufenden Protoplasmafäden beobachten lässt, wenn diese eben nur den erforderlichen Durchmesser besitzen. In dieser letzteren Schicht, welche man füglich mit Pringsheim die Körnerschicht nennen kann, sind stets der wandständige Zellenkern sowie die organisirten festen Formbestandtheile des Zelleninhaltes, Chlorophyll u. s. w. eingebettet.

Ueber die relativen Massenverhältnisse beider Protoplasmaschichten lässt sich nur soviel feststellen, dass die Körnerschicht gegen die homo-

gene Schicht in der Regel überwiegt. Letztere ist oft in so geringer Menge vertreten, dass sie nur schwierig wahrgenommen und von der ersteren kaum unterschieden werden kann, da zwischen beiden meistens ein nur ganz allmäliger Uebergang stattfindet, also eine scharfe Grenzlinie nicht zu ziehen ist. Die homogene Protoplasmapartie als Hautschicht zu bezeichnen, wie das von Pringsheim geschehen ist, dürfte gemäss sorgfältiger Beobachtung durchaus nicht gerechtfertigt erscheinen, indem dieselbe einestheils sehr häufig keine ununterbrochene Schicht bildet, anderentheils deren Consistenz in sehr vielen Fällen keineswegs so bedeutend ist, wie dieser Forscher es annimmt, sondern gerade am häufigsten und während der angespanntesten Thätigkeit des Zellenlebens nur um weniges zähflüssiger erscheint, als diejenige der Grundmasse der Körnerschicht.

Um sich über das gegenseitige Verhältniss der beiden Protoplasmaschichten, welches für die Entwickelungsgeschichte der Zellstoffhülle und deren Verdickungsschichten von Wichtigkeit wird, eine klare Einsicht zu verschaffen, bedarf es scharfer, starker Vergrösserungen, sowie einer sorgfältigen Verwendung des Blendungsapparates und der färbenden chemischen Reagentien namentlich der wässerigen Jodlösung.

Bewegung des Protoplasmas. Eine der interessantesten Erscheinungen des Zellenlebens bietet die Bewegung des körnigen Protoplasmas dar, welche sich in allen jungen, lebensthätigen Zellen beobachten lässt.

Wir müssen dabei zunächst die sogenannte Wandströmung von der complicirteren Strömung unterscheiden, welche sich auch über die durch das Zellenlumen verlaufenden Protoplasmafäden erstreckt und die man als Binnenströmung bezeichnen kann. Bei der ersteren kommen, von dem einfach auf- und absteigenden Strome, bis zu der spiralig verlaufenden und netzförmig verzweigten Strömung, mancherlei Abänderungen vor.

Wandströmchen. — Zur Beobachtung des einfachen auf- und absteigenden Wandstromes eignen sich namentlich die Nitella-Arten, welche fast überall in Bächen vorkommen, schon deshalb sehr gut, weil man sie den ganzen Sommer hindurch frisch haben und die fragliche Erscheinung verfolgen kann. Ein fast ebenso geeignetes, die Strömung wohl am schönsten zeigendes Object (Fig. VI.) bietet Vallisneria spiralis dar, die man, wie auch die Nitella-Arten, leicht im Zimmer zu cultiviren vermag. Bei dieser Pflanze lassen sich jedoch nicht die unverletzten Zellen als Beobachtungsobject verwenden, sondern man muss einen Längsschnitt aus dem Blatte nehmen. Hierbei ist darauf zu achten, dass derselbe weder zu dünn noch zu dick ausfällt, weil im ersten Falle keine unverletzten Zellen bleiben, im andern aber die Beobachtung durch die übereinanderliegenden Zellenlagen erschwert wird. Wo Hydrocharis morsus ranae wächst, gewährt dieselbe ein sehr leicht zu behandelndes Ob-

ject, indem man nur eines ihrer mehrzelligen straffen Wurzelhaare in einer hinreichenden Menge von Wasser unter das Mikroskop zu bringen braucht. Andere Wasserpflanzen, wie Najas, Caulinia, dann von Algen Closterium zeigen diese Strömung ebenfalls, eignen sich indessen kaum so gut für deren Studium als eine der oben genannten Pflanzen.

Man hat bei der Beobachtung dieser Erscheinung zunächst auf die Richtung des die Längsachse der betreffenden Zellen stets in einer mehr oder weniger schiefen, häufig der vollen Spirale sich nähernden Richtung schneidenden Stromes, dann auf die an der Bewegung theilnehmenden Inhaltskörper, endlich auf die Geschwindigkeit der letzteren unter sich sowohl, als auf jene des ganzen Stromes überhaupt zu achten.

Für die Beobachtung des einfachen, nur eine einzige Windung machenden spiraligen Wandstromes bieten — wie schon von Schacht hervorgehoben — die einzelligen Haare des Fruchtknotens der Oenothera-Arten, ebenso einzelne der langgestreckten Parenchymzellen aus dem jungen Blüthenschafte von Tradescantia virginica (Fig. VII.), ein treffliches Material, das sich wohl leicht durch ähnliche sehr lebenskräftige, saftige und gestreckte Gewebe vermehren lässt. Auch in den jungen Zellen der gegliederten Haare von den Staubfäden der letzteren Pflanze ist die Strömung manchmal noch so einfach, dass sie nur eine hier und da etwas verzweigte Spirale bildet.

Eine weitere Complication des Wandstromes besteht darin, dass derselbe in einer einzigen oder in mehreren eine kleinere oder grössere Anzahl von Windungen beschreibenden Spiralen verläuft, wie man es sehr schön an den jungen Schleuderzellen der Lebermoose beobachten kann. Man muss zu dem Ende die junge Kapsel von dem Zeitpunkte an, wo sie etwa halb reif ist und die Sporenmutterzellen sich von den gestreckten jungen Schleuderzellen zu differenziren beginnen, in verschiedenen Alterszuständen untersuchen, um den richtigen Zeitpunkt zu treffen. Beobachtet man die gehörige Vorsicht und wendet als Zusatzflüssigkeit eine der auf Seite 271 und 272 des ersten Bandes empfohlenen Flüssigkeiten an, so wird man in den jungen Schleudern dann nicht nur ruhende Protoplasmaströme finden, sondern auch deren Bewegung beobachten können. Seltener gelingt es, diese Strömung in den sich entwickelnden fibrösen Zellen der Antheren, wozu namentlich die Liliaceen sowie Cucurbita pepo zu empfehlen sind, wahrzunehmen, da die Herstellung passender Präparate hier schon weniger leicht gelingt.

Der netzförmig verzweigte Wandstrom lässt sich nur bei der Entstehung der gleichgeformten Verdickungsschichten der Gefässe und anderer Zellen beobachten, und werden wir betreffenden Ortes ausführlicher darüber sprechen. (Vergl. die Figuren XXVI. u. XXVII.).

Binnenströmchen. — Die zweite Art der Strömung, welche manche Botaniker von der vorigen, die sie Rotationsströmung nannten, unter

dem Namen Circulationsströmung unterschieden haben, geht in der Regel von dem Zellkern aus und wieder zu demselben zurück.

Eine grössere oder kleinere Anzahl breiterer und schmälerer, einfacher, oder mehrfach verzweigter und untereinander anastomosirender Strömchen von körnigem, um ihre Lage häufig ändernde Fäden homogenen Protoplasmas gelagertem Protoplasma verläuft bald an der Innenseite der Zellwand, bald quer durch das Lumen der Zelle, jetzt unmittelbar zu dem Zellkerne zurückkehrend, dann über ihn hinweggehend, um sich erst nach wiederholtem Kreislaufe mit der ihn umhüllenden Protoplasmamasse zu vereinigen (Fig. VIII.).

Diese Erscheinung tritt äusserst häufig auf und findet sich ohne Ausnahme in allen jungen, eben befruchteten Keimzellen, in den eben entstandenen Zellen der parenchymatischen Gewebe, überhaupt wohl in allen den jugendlichen und lebensthätigen Zellen, welche nicht eine der vorhergehenden Wandströmungen beobachten lassen, mit denen sie aber auch zusammen vorkommen oder denen sie vorausgehen kann.

Die Binnenströmung oder Circulation beginnt mit dem Zeitpunkte, wo sich Protoplasma und Zellsaft sondern, und im ersteren die oben erwähnten sphärischen Hohlräume auftreten. Sie ist, soweit ich beobachten konnte, niemals in der Primordialzelle, die nur von der stickstoffhaltigen Zellhaut bekleidet wird und bevor die Abscheidung der Zellstoffhülle begonnen hat, wahrzunehmen. Zwar ist die Bewegung in diesem jugendlichen Zustande der Zelle noch weniger leicht zu sehen, aber bei einiger Ausdauer wird man bald dahin gelangen, dass man sich von ihrem Dasein überzeugt. Erst wenn das Protoplasma grössere körnige Bildungen mit sich führt, deren Bewegung man sicherer verfolgen kann, wird dieselbe leichter erkennbar.

Entstehung der Binnenströmung. — Als ein vorzüglich geeignetes Object für die Beobachtung der Entstehung und allmäligen Ausbildung der Binnenströmchen lassen sich die gegliederten Staubfadenhaare der Pradescantia virginica empfehlen, die fast in jedem Garten zu finden ist. Wählt man ganz junge Blüthenknospen von etwa 2‴ Länge, so findet man die Haarzellen entweder noch in lebhafter Zellentheilung begriffen, oder alle bereits angelegt, sich zu strecken beginnend, und es lassen sich ohne Mühe die passenden herausfinden, deren Inhalt fast nur aus kleine Stärkekörner führendem Protoplasma besteht, oder in denen die mit Zellsaft erfüllten Hohlräume eben entstehen und durch breite Protoplasmabänder von einander geschieden sind (Fig. IX. *a*, 1 u. 2). Hier ist stets eine nur langsame kaum bemerkbare Strömung der Körnchen wahrzunehmen. Steigt man in der Beobachtung der einzelnen Zellen weiter nach dem Grunde des Haares hinab, so tritt das Protoplasma immer mehr gegen die noch farblose Zellflüssigkeit zurück; die Strömchen erscheinen mehr auseinandergerückt und schmäler, nur einzelne bandförmig (Fig. IX. *b*); ja manchmal zeigt sich nur ein einzelner, in einer

Spirale verlaufender weiterer Hauptstrom, der seinen Ausgangspunkt im Zellkerne hat und keine oder nur wenige Anastomosen beobachten lässt. In etwas älteren Blüthenknospen mit noch ungefärbtem Inhalte der Staubfadenhaare tritt allmälig eine immer grössere Complication der Strömung ein, und es verlieren die einzelnen Strömchen an Volumen mehr und mehr, indem neben den sehr feinkörnigen Protoplasmaelementen häufiger umfangreichere Körnchen auftreten (Fig. IX. *c*).

In solchen Büthenknospen, welche dem Aufblühen nicht mehr fern sind, hat die Zellflüssigkeit eine blaue Farbe angenommen, welche nach den unteren lang gestreckten Zellen hin an Intensität allmälig abnimmt. Das Netz der Strömchen wird hier immer zusammengesetzter und es treten, während zugleich das Wandplasma an Menge abgenommen hat, neben einzelnen breiteren Fäden, die in der Regel aus einem auf- und absteigenden Strome bestehen, ganz dünne fast linienförmige auf. Auch das Aussehen der Strömchen selbst hat sich verändert. Der grössere, innere Theil derselben besteht aus einer homogenen, stärker glänzenden Substanz, über die wenig körniges Protoplasma hingleitet, das nun sowohl an der feinkörnigen Substanz, als auch an den grösseren Körnern eine Verminderung erfahren hat. Solche Zustände waren es wohl, welche einzelne Forscher (Hartig, Brücke, Heidenhain) zu der Annahme verleitet haben, die Protoplasmaströmchen seien von eigenen Canälchen umschlossen.

Entnimmt man endlich die Haare von solchen Staubfäden, deren Antheren bereits entleert sind, so findet man die Zellen fast ganz mit dem blau gefärbten Zellsaft erfüllt, die Strömung hat aufgehört und der homogen erscheinende Zellkern wird gleichsam von festen glänzenden, homogenen Fäden festgehalten, denen nur hier und da körnige Bildungen anhaften und welche in einen gleich beschaffenen geringen Wandbeleg übergehen (Fig. IX, *d*).

Eine Hauptbedingung für das Gelingen der Beobachtung dieser Lebenserscheinung des Protoplasmas besteht darin, dass man einen recht sonnigen, warmen Tag wählt, an dem die Lebensthätigkeit der betreffenden Pflanze sich in energischem Schwunge befindet. An kühlen, dunkelen Tagen ist dieselbe nämlich immer bedeutend träge und lässt sich nur dann eine etwas lebhaftere Bewegung erzielen, wenn man den heizbaren Objecttisch in Gebrauch nimmt und demselben eine Temperatur von 25 bis 30° C. gibt.

Wirkung verschiedener äusserer Einflüsse auf die Bewegung des Protoplasmas. — Bei der Wichtigkeit, welche die Bewegungserscheinungen des Protoplasmas für das Zellenleben besitzen, und bei der Bedeutung, welche ihnen für die Entscheidung der schwebenden Fragen über das Wesen der Zelle zukommt, darf man sich nicht darauf beschränken die Beobachtung derselben unter Wasser oder den oben erwähnten Zusatz-

flüssigkeiten vorzunehmen.. Man muss vielmehr mit Sorgfalt den Einfluss studiren, welchen verschiedene Agentien auf dieselben ausüben.

Zunächst gilt es neben der Beobachtung der Entwickelungsgeschichte der Strömchen und deren Verhalten zu den Wachsthumserscheinungen der Zelle, die für alle Fälle an die Spitze zu stellen ist, den Einfluss zu ermitteln, welchen die Hauptfactoren des vegetabilischen Lebens, Licht, Luft, Feuchtigkeit und Wärme, auf dieselben äussern und, was das Wichtigste ist, Vergleiche zu ziehen darüber, mit welchen, unter bestimmten Einwirkungen dieser Agentien vor sich gehenden Processen des Zellenlebens die in Frage kommenden Bewegungserscheinungen zusammenfallen und welche Veränderungen sie mit deren Wechsel erleiden. Nur durch solche stets vergleichende, die gesammten Lebenserscheinungen im Auge haltende Beobachtungen werden die Grundlagen zu gewinnen sein, aus welchen sich die Erkenntniss der Bedeutung des Protoplasmas im Zellenorganismus erlangen lässt, während alle Beobachtungen der Bewegungserscheinungen für sich allein, losgerissen von dem Gesammtleben, und mögen sie auch in der umfänglichsten und subtilsten Weise ausgeführt sein, als von wissenschaftlich kaum erheblicher Bedeutung zu betrachten sind.

Es erwachsen hieraus die Aufgaben, das Verhalten der Strömungen des Protoplasmas unter dem Ausschlusse von Licht und Luft, bei verminderter, sowie bei erhöhter Temperatur zu beobachten, da sich der Ausschluss von Feuchtigkeit gar nicht oder doch nicht ohne den zugleich statthabenden Abschluss der atmosphärischen Luft ausführen lässt.

Um das Verhalten des Protoplasmas unter dem Ausschlusse des Lichtes zu studiren, bringt man geeignete lebende, in Wasser cultivirte oder in Töpfen erwachsene Pflanzen, denen sonst keine Bedingung ihres Gedeihens entzogen wird, in einen dunkeln Raum aus Holz, Pappe oder Blech und beobachtet dann nach mehrstündigen bis mehrtägigen Zwischenräumen diese selbst (Nitella) oder die Haare der Blätter u. s. w. Bei der Beobachtung selbst lässt sich das Licht allerdings nicht völlig ausschliessen, man kann dessen Einfluss indessen immerhin vermindern und verschiedentlich modificiren, wenn man über dem Spiegel dunkel gefärbte wie verschiedenfarbige Gläser anwendet und den Objectträger mit einer der feuchten Kammer ähnlichen Deckröhre umgibt, welche das Seitenlicht ausschliesst.

Der Abschluss der atmosphärischen Luft lässt sich bei allen Haargebilden leicht dadurch erzielen, dass man dieselben von fettem Oele umgeben beobachtet. Bei den Wasserpflanzen kommt man hiermit dagegen nicht zum Ziele; es wird die Luft durch eine andere Gasart, z. B. Kohlensäure oder Wasserstoff, verdrängt, und jene bis zur Untersuchung in derselben verharren gelassen werden müssen. Hierzu eignet sich vortrefflich die von W. Kühne empfohlene einfache Vorrichtung, die sich Jeder leicht zusammenstellen kann. Auf dem Boden einer etwa 25 Cm. weiten, 15 Cm. hohen Glasschale werden ein 3 bis 5 Cm. hoher Kork,

und um diesen herum 3 radienartig verlaufende Glasstäbe festgekittet, von denen der erstere den Objectträger aufnimmt, die letzteren dem aus einen 7 Cm. weiten, 10 Cm. hohen Cylinderglase bestehenden Recipienten derart als Unterlage dienen, dass zwischen seinem Rande und dem Boden der Glasschale ein Zwischenraum bleibt. Beschwert man den Recipienten etwas, füllt die Glasschale bis zum oberen Rande mit Wasser, und führt das Gasleitungsrohr einer Entbindungsflasche, in welcher eines der genannten Gase erzeugt wird, unter dem auf den Glasstäben ruhenden Cylinder hinweg in das Innere des Apparates, so wird die atmosphärische Luft nach und nach vollständig verdrängt, und es kann das Präparat in der abgesperrten Gasart verweilen, bis es zur Untersuchung verwendet wird.

Um das Verhalten des Protoplasma unter dem Einflusse einer bis zum Gefrierpunkte erniedrigten Temperatur zu ermitteln, bringt man die unter Deckglas auf den Objectträger befindlichen Pflanzentheile zur Zeit des Winters in durch schmelzendes Eis auf 0^0 erhaltenes Wasser, im Sommer in ein von einer der bekannten Kältemischungen umgebenes Gefäss und beobachtet sofort nach dem Herausnehmen.

Die Wirkung erhöhter Temperatur lässt sich schon einigermaassen gut an solchen Präparaten studiren, die man unter einem an den vier Ecken festgekittetem Deckglase in ein Wasserbad von bestimmter Temperatur eingetaucht hatte. Weit besser eignet sich indessen hierzu die Verwendung des heizbaren Objecttisches in Verbindung mit der feuchten Kammer, weil man hier die Temperatur unter beständiger, genauer Controle nach und nach bis zu einem erwünschten Punkte steigern und dauernd auf demselben erhalten kann.

Das Studium des Einflusses anderer Agentien, wie der mineralischen Säuren, der Alkalien, der Pflanzenalkaloide und anderer Gifte, halte ich zur Zeit noch für wenig entscheidend in Bezug auf die zu lösenden Fragen, weil wir eben deren Beziehungen zu dem Gesammtleben der Gewebe wie der Einzelzelle noch gar nicht oder doch nur insofern kennen, als sie vernichtend auf dasselbe wirken.

Selbst der Einfluss elektrischer Ströme, der aber immerhin studirt werden soll, scheint mir überschätzt worden zu sein, indem wir es dabei viel zu wenig in der Gewalt haben, die chemischen, mechanischen und physiologischen Wirkungen derselben voneinander zu scheiden und ausserdem die Beziehungen dieses Agens zu dem Gesammtleben des ganzen Organismus und der Elementarorgane noch zu wenig erforscht sind, um die oben erwähnten Vergleiche ziehen und hieraus gültige Schlüsse ableiten zu können. Wie die Resultate auch ausfallen mögen, es bleiben immer aus dem Zusammenhange gerissene Einzelheiten, denen der verknüpfende Faden fehlt.

Hier eine Anleitung zu den Versuchen über die Einwirkung der elektrischen Ströme zu geben, würde zu weit führen. Ohnedem hat jeder, der sich damit befassen will, die einschlägigen Gesetze und Apparate genau kennen zu lernen, und wird es ihm dann leicht werden, mit

Hilfe der in der einschlägigen Literatur erhaltenen Winke und unter Verwendung des elektrischen Objecttisches oder einer denselben ersetzenden Vorrichtung die Zusammensetzung des Apparates und die verschiedenen Modificationen in dessen Verwendungsweise zu bewerkstelligen.

Dass nur die eben geschilderte Beobachtungsweise der Protoplasmaströmungen in Verbindung mit dem Studium der Entwickelung die einzig gültigen Grundlagen für die Erkenntniss der bewegenden Kräfte liefern könne, ist natürlich. Man hat letztere theils in der Contractilität der Substanz, theils in verschiedenseitig wirkenden, durch eine eigenartige Molecularstructur des Protoplasmas bedingten Anziehungskräften gesucht, ohne dass man damit weiter gelangt wäre, als zu haltlosen Hypothesen. Wir haben es hier mehr mit den Erscheinungen selbst, als mit deren Erklärung zu thun, und können uns daher auf eine Discussion der bewegenden Kräfte nicht einlassen. Nur soviel möge angedeutet werden, dass die Beobachtung des Zellenlebens darauf hinweist, wie die Strömung aufs Innigste mit den Ernährungsprocessen zusammenhängt, und wie die bewegenden Kräfte theils in dem Mechanismus der Diffusionserscheinungen, theils vielleicht in durch die chemischen Vorgänge erregten elektrischen Strömungen ihren Grund haben dürften.

Chemische Beschaffenheit des Protoplasmas. Zur Ermittelung der chemischen Constitution des Protoplasmas dienen die früher beschriebenen Reagentien auf Eiweisskörper. Das körnige Protoplasma färbt sich nämlich unter Einwirkung von Jod, oder von Jod und Schwefelsäure dunkelgelb bis braun, von Salpetersäure und Ammoniaklösung hochgelb. Schwefelsaures Kupferoxyd und Aetzkali ertheilen ihm eine violette, Schwefelsäure und Zucker eine rosenrothe, das Millon'sche Salz eine ziegelrothe Färbung. Beweisen diese Reactionen auch noch nicht, dass dasselbe seiner ganzen Masse nach den Proteïnsubstanzen angehört, so geht doch zum mindesten daraus hervor, dass es reich an Eiweisskörpern ist. Andere organische Verbindungen, wie Kohlehydrate und dergleichen, welche, abgesehen von den darin suspendirten Inhaltskörperchen, unzweifelhaft immer damit gemischt und wahrscheinlich in chemischer Umwandlung begriffen darin vorkommen, sind mittelst unserer gegenwärtigen Hilfsmittel als Bestandtheile dieser Partie des Protoplasmas nicht nachzuweisen. Die äussere, homogene Schicht nimmt, wo dieselbe in solcher Masse vorhanden ist, dass sich eine sichere Beobachtung ausführen lässt, nach der Behandlung mit den genannten Reagentien entweder eine minder tiefe oder fast gar keine Farbe an, so dass die ursprüngliche Membran von der Körnerschicht durch eine lichtere Zone getrennt wird. Beide Protoplasmaschichten scheinen demnach chemisch mehr oder minder verschieden. Ich halte die äussere Schicht für chemisch verändertes Protoplasma, das nicht mehr — oder doch nicht mehr in seiner ganzen Masse — den Eiweisskörpern, sondern vielmehr schleimigen und flüssigen Kohlehydraten angehört und nach der Abscheidung aus dem Zelleninnern seine Umwand-

lung in Zellstoff erleidet. Ein unmittelbarer Uebergang der einen Inhaltsform in die andere, ebenso die Umbildung in Zellstoff lässt sich allerdings nicht beobachten. Hält man aber die Entwickelungsgeschichte der secundären Verdickungsschichten mit den eben geschilderten Thatsachen zusammen, so dürfte die ausgesprochene Ansicht wohl nicht so ganz ungegründet erscheinen.

Meyen: Neues System der Pflanzenphysiologie. II. Bd., 2. Buch, 4. Kapitel. Von den besonderen Bewegungen in dem Innern der Zellen u. s. w. Enthält auch die vollständig ältere Literatur über die Strömungserscheinungen.

Schleiden: Beiträge zur Phytogenesis und Beiträge zur Kenntniss der Ceratophylleen. In Beiträgen zur Botanik. 1844.

H. v. Mohl: Ueber die Saftbewegung im Innern der Zellen. Bot. Zeitung 1846.

Schleiden: Grundzüge 1. bis 4. Auflage.

Göppert und Cohn: Ueber die Rotation des Zellinhaltes in Nitello flexilis. Bot. Zeitung. 1849.

H. v. Mohl: Die vegetabilische Zelle. 1851.

Alex. Braun: Ueber die Richtungsverhältnisse der Saftströme in den Zellen der Characeen. Monatsberichte der Berliner Akademie. 1852 und 1853.

Schacht: Die Pflanzenzelle und Lehrbuch der Anatomie und Physiologie. 1852 und 1856.

Unger: Grundzüge der Anatomie und Physiologie. 1846 und Lehrbuch, 1855.

Pringsheim: Untersuchungen u. s. w.

Dippel: Beiträge u. s. w.

Max Schultze: Innere Bewegungserscheinungen bei Diatomeen u. s. w. Müllers Archiv für Anatomie und Physiologie. 1858.

Th. Jürgensen: Ueber die in den Zellen der Vallisneria spiralis stattfindenden Bewegungserscheinungen. Studien des physiologischen Instituts zu Breslau. Heft 1. Leipzig 1861.

Brücke: Das Verhalten der sogenannten Protoplasmaströme von Urtica urens gegen die Schläge des Magnetelektrometers. Sitzungsberichte der Kais. Akademie. Bd. XXXXVI, Heft 1. Wien 1862.

R. Heidenhain: Notizen über die Bewegungserscheinungen, welche das Protoplasma in Pflanzenzellen zeigt. Studien u. s. w. 1863.

Max Schultze: Das Protoplasma. Leipzig 1863.

Schacht: Ueber die Zellstofffäden in der vordern Aussackung des Embryosackes von Pedicularis sylvatica. Pringheim's Jahrbücher. Bd. III, Heft 3. Berlin 1863.

W. Kühne: Untersuchungen über das Protoplasma. Leipzig 1864.

W. Hofmeister: Ueber den Mechanismus der Protoplasmabewegung. Amtlicher Bericht der 39. Versammlung Deutscher Naturforscher und Aerzte. Giessen 1865. Desgleichen in der Flora von 1865.

Siehe ferner weiter oben, Seite 2 die Arbeiten von De Bary und Cienkowski.

Zellsaft.

Der Zellsaft bildet eine wässerige Flüssigkeit, in welcher verschiedene, organische sowohl, als unorganische Verbindungen gelöst vorkommen, die je nach der Function der betreffenden Zellenart wechseln, so dass nur eine oder die andere für sich oder auch mehrere nebeneinander auftreten können.

Von den ersteren sind namentlich Zucker, Dextrin, Gummi und Gerbstoff durch mikrochemische Reaction nachweisbar, während sich die verschiedenen Arten der Pflanzensäuren u. s. w. derselben entziehen, die gelösten Farbstoffe aber ohne weitere Reaction hervortreten.

Um den Inhalt der Zellen überhaupt, namentlich aber auch die Bestandtheile des Zellsaftes zu untersuchen, bedarf man etwas dickerer Schnitte

als bei den übrigen Beobachtungen, weil es unbedingt nothwendig ist, dass man zum mindesten eine Zellenreihe in unverletztem Zustande erhält. Als das geeignetste Reagens für die Kohlehydrate hat sich bis jetzt das von Sachs empfohlene: Schwefelsaures Kupferoxyd und Aetzkali erwiesen und ist über dessen Wirkungsweise auf dieselben das im ersten Bande S. 372 u. flgde. Mitgetheilte nachzulesen.

Gummi, Traubenzucker und Rohrzucker lassen sich mittelst dieser Reagentien leicht von einander unterscheiden. Weniger leicht dagegen ist die Unterscheidung von Dextrin und Traubenzucker, da beide während des Kochens in dem Aetzkali gelbrothe bis ziegelrothe Niederschläge geben, die sich nur schwierig und unter Anwendung der an oben bezeichneter Stelle gegebenen Hilfsoperationen von einander unterscheiden lassen, zumal wenn beide Stoffe nebeneinander vorkommen.

Das Verhalten des Gerbstoffes zu verschiedenen Reagentien, von denen das chromsaure Kali (von Sanio empfohlen) nach meinen neueren Erfahrungen entschieden den Vorzug verdient, ist ebenfalls im ersten Bande ausführlich behandelt worden und muss ich, um unnöthige Wiederholungen zu vermeiden, auf das dort Gesagte verweisen.

J. Sachs: Ueber einige neue mikroskopisch chemische Reactionsmethoden. Bes. Abdr. aus den Sitzungsberichten der Kais. Akademie. Wien 1859.

Sanio: Einige Bemerkungen über den Bau des Holzes. V. Ueber Gerbstoff im Holze u. s. w. Bot. Zeitung 1860.

J. Sachs: Ueber die Stoffe, welche das Material zum Wachsthum der Zellhäute liefern. Pringsheim's Jahrbücher. Bd. III, Heft 2. Berlin 1862.

Derselbe: Ueber saure, alkalische und neutrale Reaction der Pflanzensäfte. Bot. Zeitung 1862.

Wigand: Einige Sätze über das Verhalten des Gerbstoffes und der Pflanzenfarbe. Bot. Zeitung 1862.

Sanio: Einige Bemerkungen über den Gerbstoff und seine Verbreitung bei den Holzpflanzen. Bot. Zeitung 1863.

Th. Hartig: Das Gerbmehl und Weitere Mittheilungen das Gerbmehl betreffend. Bot. Zeitung. 1865.

Geformte organische Inhaltsbestandtheile.

Von den geformten organischen Inhaltsbestandtheilen sind die wichtigsten das Stärkemehl, das Inulin, das Klebermehl, die Proteïnkrystalle oder Krystalloide, das Chlorophyll und einzelne Farbstoffe.

Stärke.

Vorkommen der Stärke. — Das Stärkemehl ist eines der am weitest verbreiteten geformten Inhaltselemente, da es von den Pilzen aufwärts wohl kaum in irgend einer Pflanzenclasse ganz fehlt. Dasselbe findet sich in der Regel nur in parenchymatischen Zellen, hier und da auch in dem Inhalte und Milchsafte mancher Bastgefässe (Georginen, Euphorbien) und nur in vereinzelten Fällen in den Faserzellen des Holzkörpers. In

manchen Gewebetheilen beobachtet man die Stärke das ganze Jahr hindurch, in anderen nur während der Ruheperiode, und hat man hierauf sowohl, als auf die Vertheilung in den verschiedenen Gewebearten und Organen der Pflanzen sein Augenmerk zu richten, worauf wir später bei der Untersuchung der letzteren zurückkommen werden.

Grösse und Form der Stärkekörner. — In Bezug auf die Grösse wechseln die Stärkekörner sehr bedeutend. Man findet solche von nur $0{,}001^{mm}$ Durchmesser, dagegen aber auch andere, wo der letztere nicht weniger als $0{,}2^{mm}$ erreicht. Selbst bei ein- und derselben Pflanze ist dieser Unterschied ganz ausserordentlich, namentlich wenn dieselbe grössere Stärkemehlkörner führt, wie die Kartoffelfrucht, die Kartoffelknollen, die Knollen der Canna-Arten u. s. w.

Die Gestalt der Stärkekörner bietet gleichfalls mancherlei Abänderungen dar und wird dieselbe nächst dem inneren Baue, d. h. der Stellung des Kernes und der Art der Schichtenbildung, für die Erkennung einer bestimmten Stärkeart von Wichtigkeit.

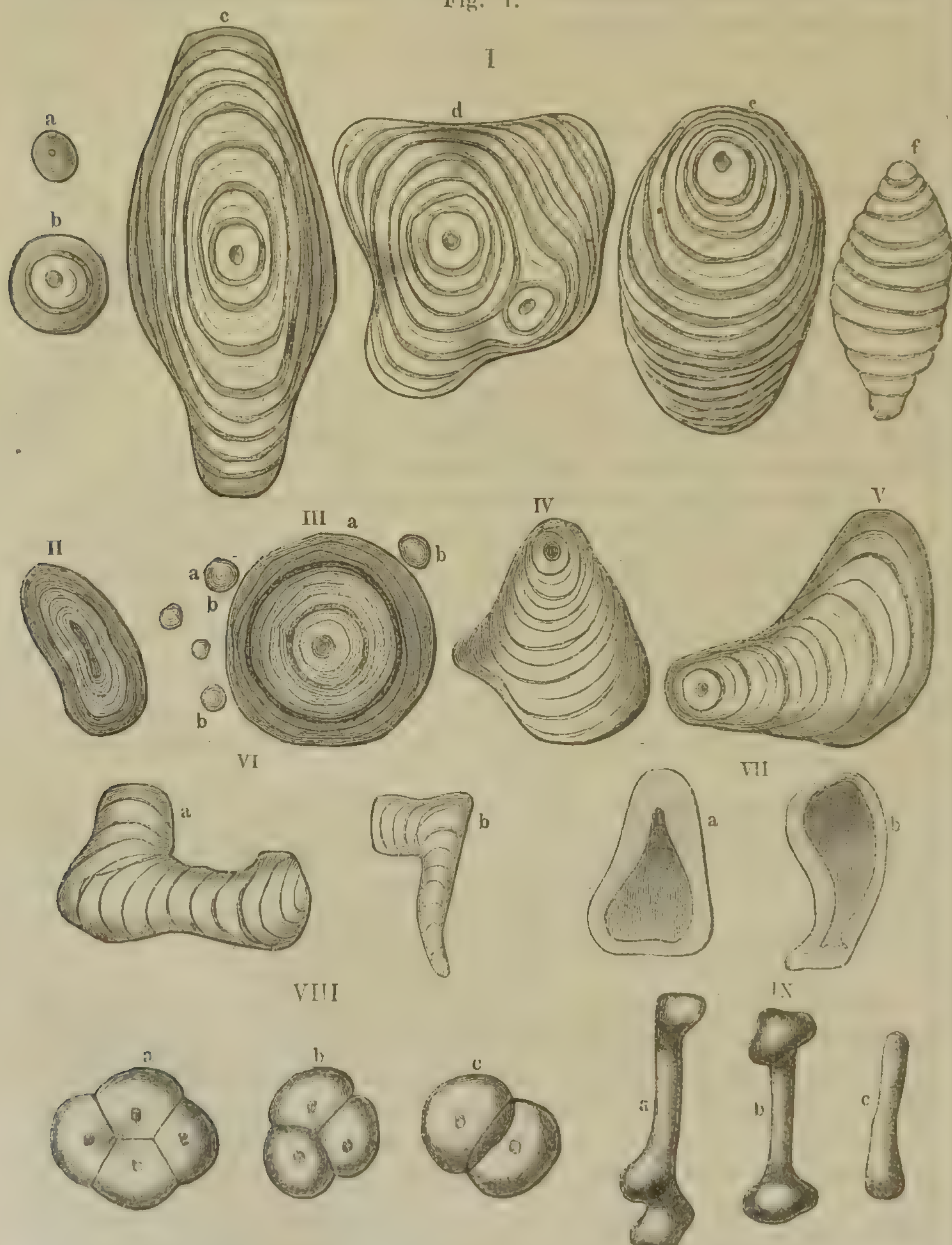
Zunächst hat man zwischen einfachen und zusammengesetzten Stärkekörnern zu unterscheiden, von denen die ersteren die grösste Verbreitung besitzen, während die letzteren nur in einzelnen Familien vorkommen. Die einfachen Stärkekörner sind ihrer Form nach 1. rundlich (seltener kugelig, häufiger linsenförmig zusammengedrückt), Kartoffel, Canna, Lilie, Gräser, Leguminosen u. s. w., 2. flach scheibenförmig in den Rhizomen der Zingiberaceen, 3. stabförmig in dem Milchsafte der einheimischen und tropischen Wolfsmilcharten (Fig. 1, I bis VII).

Die zusammengesetzten Stärkekörner finden sich namentlich in den Zwiebeln der Herbstzeitlose, in der Wurzelrinde der Sassaparilla, in der Wurzel der Zaunrübe, und es wechselt deren Form je nach der Zusammenordnung der Theilkörner. Am häufigsten stellt dieselbe jedoch einen Kugelab- oder Ausschnitt vor (Fig. 1, VIII, a. f. S.).

Structur der Stärkekörner. — Die Structur des Stärkemehls bietet für die Untersuchung manches Interessante. Die meisten Stärkeformen zeigen schon, wenn sie mit Wasser benetzt betrachtet werden, einen geschichteten Bau. Bei anderen Formen kann man die Schichtung erst nach vorheriger Anwendung von chemischen Mitteln, wozu sich namentlich Chlorzinkjodlösung in der Wärme angewendet eignet, sichtbar machen. Sämmtliche Schichten sind um einen innern Kern gelagert, der bald im Mittelpunkte des Stärkekorns steht (Fig. 1, III), bald eine mehr oder minder excentrische Stellung einnimmt (Fig. 1, I), bald von pshärischer (Fig. 1, I), bald von länglicher Gestalt ist (Fig. 1, II). Hierdurch wird denn auch ein bald mehr concentrischer (Fig. 1, III), bald ein mehr unregelmässiger, excentrischer Verlauf der Schichten bedingt (Fig. 1, I, II und IV bis VI).

Nach Professor Nägeli, der ein Wachsthum des Stärkekorns lediglich durch Intussusception annimmt, rührt die eben beschriebene Zeich-

Fig. 1.



Verschiedene Formen des Stärkekornes. I. *a*, *b*, *c*, *d*, *e*, *f* aus der Beere von Solanum tuberosum. II. aus Phaseolus multiflorus. III. *a* und *b* aus Secale cereale. IV. aus dem Rhizome von Galanga. V. aus dem Rhizome von Curcuma. VI. *a* und *b* aus dem Stamm von Dieffenbachia seguina. VII. *a* und *b* aus dem Rhizome von Iris florentina. VIII. *a*, *b* und *c* aus dem Stengel von Smilax sarsaparilla. IX. aus dem Milchsafte von Euphorbia splendens. Vergr. 1 : 660.

nung von nebeneinanderliegenden, wasserreicheren und wasserärmeren Schichten her, welche in Folge ihres verschiedenen lichtbrechenden Vermögens in die Erscheinung treten. Nach älterer Ansicht, welche das Wachsen durch Apposition geschehen lässt, die Thatsache der wirklich vorhandenen Differenz in der Dichtigkeit der Schichten aber übersieht, besteht dagegen das Stärkekorn aus von einander getrennten, von Innen nach Aussen übereinander gelagerten homogenen Schichten und es werden die dunklen Streifen lediglich durch die lufthaltigen Zwischenräume und durch die an den Seiten der Schichten bewirkten Ablenkungen der Lichtstrahlen hervorgerufen.

Um sich mit der Structur der Stärkekörner gehörig vertraut zu machen und die Ursache der Schichtung zu ermitteln, d. h. sich von der Richtigkeit der Nägeli'schen oder der älteren Ansicht zu überzeugen, muss man dieselben sowohl unverletzt als in Form von zarten Durchschnitten (Bd. I, S. 325) sowohl unter Wasser, als auch unter stärker brechenden Zusatzflüssigkeiten, Canadabalsam, Anisöl, Schwefelkohlenstoff, endlich von Luft umgeben, d. h. trocken betrachten. Da diese Untersuchungsmethode bei der Beobachtung des feineren Baues der Zellstoffhülle (Schichtung und Streifung) eine ausgedehnte Anwendung findet, so verweise ich auf die dort gegebene eingehendere Anweisung.

Ausser dem Einflusse der genannten, so zu sagen optischen Reagentien hat man ferner die Wirkung von Säuren, Alkalien und alkalischen Salzen, namentlich auch des Kupferoxydammoniaks wie des essigsauren Kalis (Fig. 2, III und IV.), dann des Kochens und der trockenen Wärme zu studiren, wobei namentlich für eine ganz allmälige Einwirkung der betreffenden Agentien Sorge zu tragen ist.

Trocken betrachtete Stärkekörner zeigen oft eine geringere Anzahl von Schichten, als im feuchten Zustande betrachtete; ganz verschwinden jene indessen nicht immer, wie dies von Nägeli behauptet wird. Unter dem Einflusse der genannten chemischen Agentien erfolgen immer die verschieden dichten Partieen der Schichten in verschiedener Weise treffende Quellungserscheinungen, über deren Verlauf die eigene Anschauung den besten Aufschluss gibt. Die Einwirkung der trockenen Wärme ist verschieden, indem in Folge derselben die Schichtung bald deutlicher und zwar bis zum Abblättern der einzelnen Schichten hervortritt, bald mehr und mehr, bis zu völligem Verschwinden, abnimmt.

Chemisches Verhalten der Stärke. — Das Stärkekorn besteht, wie zuerst von Nägeli nachgewiesen worden ist, aus zwei chemisch verschiedenen Substanzen, welche der genannte Forscher für Granulose und Zellstoff erklärt, die ich aber nach meinen eigenen Untersuchungen in Uebereinstimmung mit H. v. Mohl nur für Modificationen der Stärke halten kann. Beide unterscheiden sich durch ihr Verhalten gegen den thierischen Speichel, oder gegen eine etwas freie Salzsäure enthaltende Kochsalzlösung.

Um dieses Verhalten zu studiren, bringt man die Stärkekörner im Vereine mit etwa 40 Theilen thierischen Speichels oder oben genannter Lösung in einen verschlossenen kleinen Kolben oder Reagenscylinder und setzt dieselben im ersteren Falle, während 8 bis 10 Tagen einer Temperatur von 38° bis 50° C., im andern 2 bis 4 Tage einer solchen von 60° C. aus. Nach Verlauf dieser Zeit ist die lösliche Modification der Stärke, die „Granulose", vollständig ausgezogen und es bleibt ein Skelett der unlöslichen Modification zurück, auf welches man dann die oben genannten Reagentien wirken lassen kann.

Das Verhalten der Stärke gegen chemische Reagentien und der hierin begründete Nachweis derselben durch das Mikroskop wurde bereits im ersten Theile weitläufiger behandelt und verweise ich in dieser Beziehung auf die betreffende Stelle (Seite 372).

Es bleibt mir hier nur übrig, einige Winke über den Nachweis dieser Substanz in solchen Geweben hinzuzufügen, wo sie entweder gelöst in sehr kleinen Körnchen oder in Chlorophyll eingeschlossen vorkommt, sowie des Verhaltens gegen kaltes Wasser zu erwähnen, welches in neuerer Zeit eine vielfache Besprechung erfahren hat. Hier genügen die einfacheren Methoden keineswegs und man ist genöthigt, ein etwas umständlicheres Verfahren einzuschlagen, zu dem Sachs und Böhm in den weiter unten bezeichneten Abhandlungen Anleitung gegeben haben.

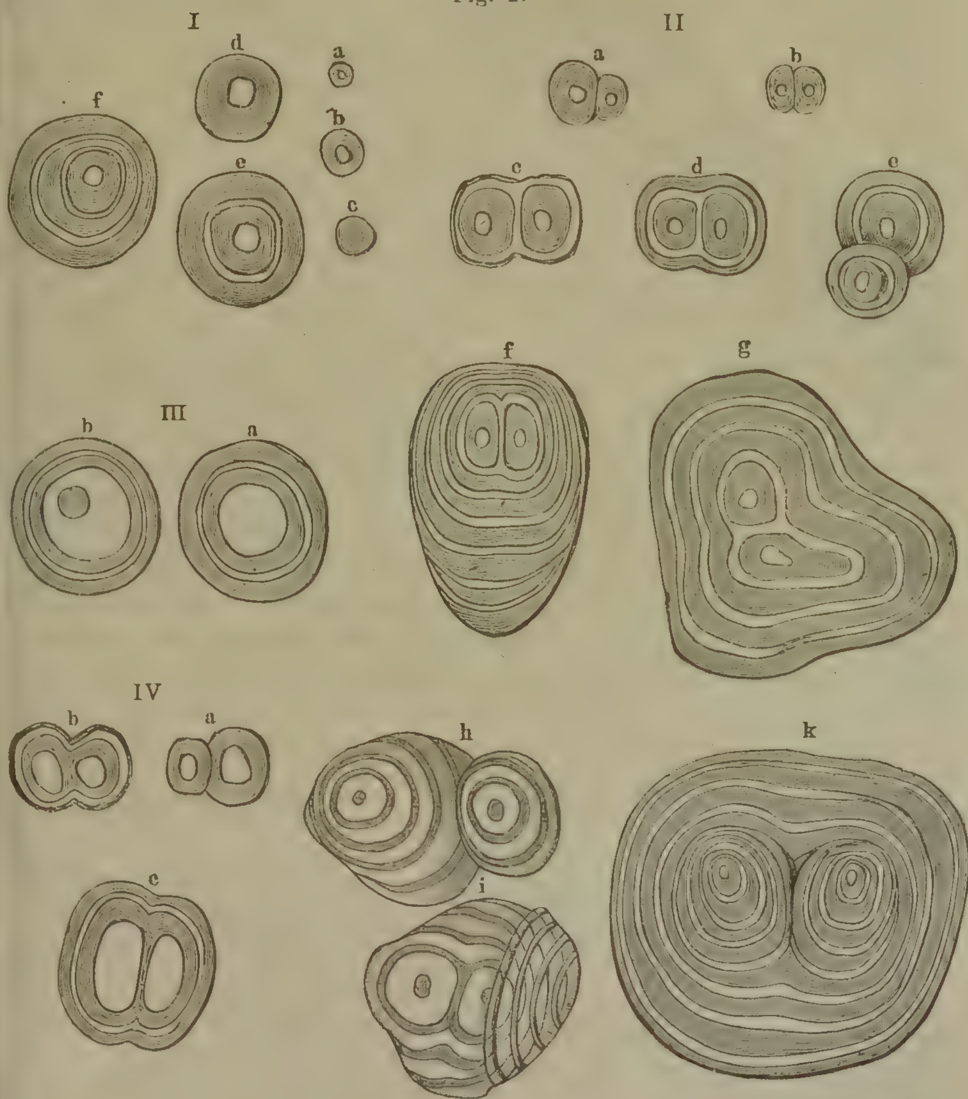
Enthalten die zu prüfenden Gewebe kein Chlorophyll, so erwärmt man zarte Schnitte in Kalilösung, lässt sie einige Zeit darin liegen, wascht dann mit Wasser gut aus und neutralisirt schliesslich durch Essigsäure. Verdünnte alkoholische Jodlösung auf einen derartigen Schnitt angewendet ruft jetzt die bekannte, charakteristisch blaue Färbung hervor, und man erkennt unter starken Vergrösserungen die Stärke entweder in Form von aufgequollenen blauen Körnchen oder als blauen Kleister inmitten des gelb gefärbten Protoplasmas. Wo das Chlorophyll die Reaction verdeckt, da müssen die betreffenden Pflanzentheile zuerst in starkem Alkohol liegend an der Sonne gebleicht, und dann auf dieselben das eben beschriebene Verfahren angewendet werden.

In kaltem Wasser löst sich, wie neuere Untersuchungen darthun, nur ein Theil des Korns und nur dann, wenn dasselbe zerstört wurde. Um dieses Verhalten zu studiren, zerreibt man käufliche Stärke in einem Achatmörser mit wenig Wasser und filtrirt die abgegossene Flüssigkeit durch Papier. Jodzusatz färbt das unter dem Mikroskope homogen erscheinende Filtrat blau.

Entwickelung des Stärkekornes. — Da die Stärke ursprünglich wohl immer innerhalb des Chlorophylls entsteht, so fällt die Untersuchung ihrer Entwickelungsgeschichte, die sich indessen in den ersten Stufen der Beobachtung entzieht, mit jener des genannten Inhaltbestandtheiles zusammen, auf die wir weiter unten eingehen werden. Zum Studium ihrer weiteren Ausbildung eignen sich vorzugsweise die Früchte und

jungen Knollen der Kartoffel, die knolligen Canna-Arten u. s. w., die man während ihres Wachsthums in ihren möglichst lückenlose Reihen bildenden Entwickelungsstadien zu untersuchen hat. Nur die Beobachtung solcher lückenlosen Entwickelungsstufen kann über die Structur des Stärkekornes, über die Folge und Natur der Schichtenbildung u. s. w. die erforderliche Auskunft gewähren, bezüglich deren man trotz der viel-

Fig. 2.



Entwickelung des Stärkekornes in der Beere von Solanum tuberosum. I. Einfaches Korn, Entwickelungsstufen gemäss den Buchstaben *a*, *b*, *d*, *e*, *f*; *c* ein Korn ohne Kern. II. *a* bis *k* sogenannte Theilkörner in verschiedenen Entwickelungszuständen. III. *a* und *b* einfache, IV. *a* bis *c* Theilkörner nach der Einwirkung von essigsaurem Kali, III. *b* ein Korn mit von Anfang dichtem Kern. Vergr. 1 : 1200. Alle Figuren mit Ausnahme von II. *h* und *i* sind als optische Durchschnitte gezeichnet.

fachen einschlägigen Untersuchungen noch keineswegs zu einem befriedigenden Abschluss gelangt ist.

Die hier zu beobachtenden jüngsten Entwickelungszustände stellen kleine kuglige, solide Körner dar, welche in ihrem Centrum entweder schon den sogenannten Kern erkennen lassen, oder dessen hier und für die Folge entbehren, so dass in diesem Fall das fertige Korn einen Kern nicht besitzt (Fig. 2, I. *c* u. III. *b*). Die weiter fortschreitenden Entwickelungszustände des einfachen Kornes, welche sich durch fortdauernde Vermehrung der Schichten kenntlich machen, sind in der beigegebenen Figur in der Reihenfolge von *a* bis *f* dargestellt. Ein sicherer Schluss über die Berechtigung der Nägeli'schen oder der älteren Theorie der Stärkebildung ist meines Erachtens aus den dargestellten Entwickelungsstufen nicht zu ziehen, da man die Sonderung der verschiedenen Schichten ebensowohl durch eine periodische Ablagerung letzterer verursacht, als aus der späteren Differenzirung einer ursprünglich homogenen Substanz hervorgegangen betrachten kann. Dagegen scheint die Entstehung der sogenannten Theilkörner (Fig. 2, II. *a* bis *k*) mehr für die Ablagerung neuer, aus je einer inneren weicheren und einer äusseren dichteren Lamelle bestehender Schichten von Aussen zu sprechen. Die jüngsten zu beobachtenden Doppelkörner, wie die späteren Entwickelungsfolgen lassen nämlich gar keinen Zweifel darüber, dass sie aus der Verwachsung zweier einfachen Körner, nicht aber aus der Differenzirung zweier Kerne in einem — dann doch wohl runden oder elliptischen, nicht biscuitförmigen — Korne hervorgegangen sind, was sowohl im jüngsten Zustande (Fig. 2, II. *a*—*c*) als im späteren Alter geschehen kann (Fig. 2, II. *h*—*k*). Ebenso stellen sich die späteren Schichten (Fig. 2, II. *d* bis *k*) so dar, dass man eine Anlagerung von Aussen anzunehmen nicht unberechtigt sein dürfte.

J. Fritsche: Ueber das Amylum. Poggendorff's Annalen der Physik und Chemie. Bd. XXXII. 1834.

Payen: Memoire sur l'amidon, comidéré tous les pointes de vue anatomique et physiologique. Ann. des sciences. nat. X. 1838.

Schleiden: Grundzüge 1. und 4. Aufl.

Nägeli: Stärkebläschen, Stärkekörner. Zeitschrift für wissenschaftliche Botanik von Schleiden und Nägeli. Bd. I, Heft 3 und 4. 1846.

Th. Hartig: Ueber den Bau des Stärkemehls. Bot. Zeitung 1855 und 1856.

Derselbe: Entwickelung des Pflanzenkeimes. 1858.

Nägeli: Die Stärkemehlkörner. Zürich. Ferner in „Nägeli und Cramer, pflanzenphysiologische Untersuchungen": Stärke 1858.

Jessen: Ueber die Löslichkeit des Stärkemehls. Poggendorff's Annalen. Bd. CVI und CIX. 1858 und 1859.

H. v. Mohl: Ueber den vorgeblichen Gehalt der Stärkekörner an Cellulose. Bot. Zeitung 1859.

W. Kabsch: Ueber die Löslichkeit des Stärkemehls und sein Verhalten im polarisirten Licht. Zürich 1861.

J. Sachs: Einige neue Reactionsmethoden u. s. w. Ueber die Stoffe u. s. w. Siehe oben Seite 20 und: Mikrochemische Untersuchungen. Flora 1862.

Derselbe: Ueber die Entstehung der Stärke in den Blättern. Monatshefte der Annalen der preussischen Landwirthschaft. Berlin 1863.

Nägeli: Die Reaction von Jod auf Stärkekörner und Zellmembranen. 1. und 2. Theil. Sitzungsberichte der Königl. Bair. Akademie der Wissenschaften. 1862 u. 1863.

Derselbe: Ueber die chemische Zusammensetzung von Stärkekörner und Zellmembranen; ferner: Ueber die chemische Verschiedenheit der Stärkekörner. Sitzungsberichte u. s. w. 1863.

Jessen: Ueber die Löslichkeit der Stärke. Poggendorff's Annalen 1864.

Inulin.

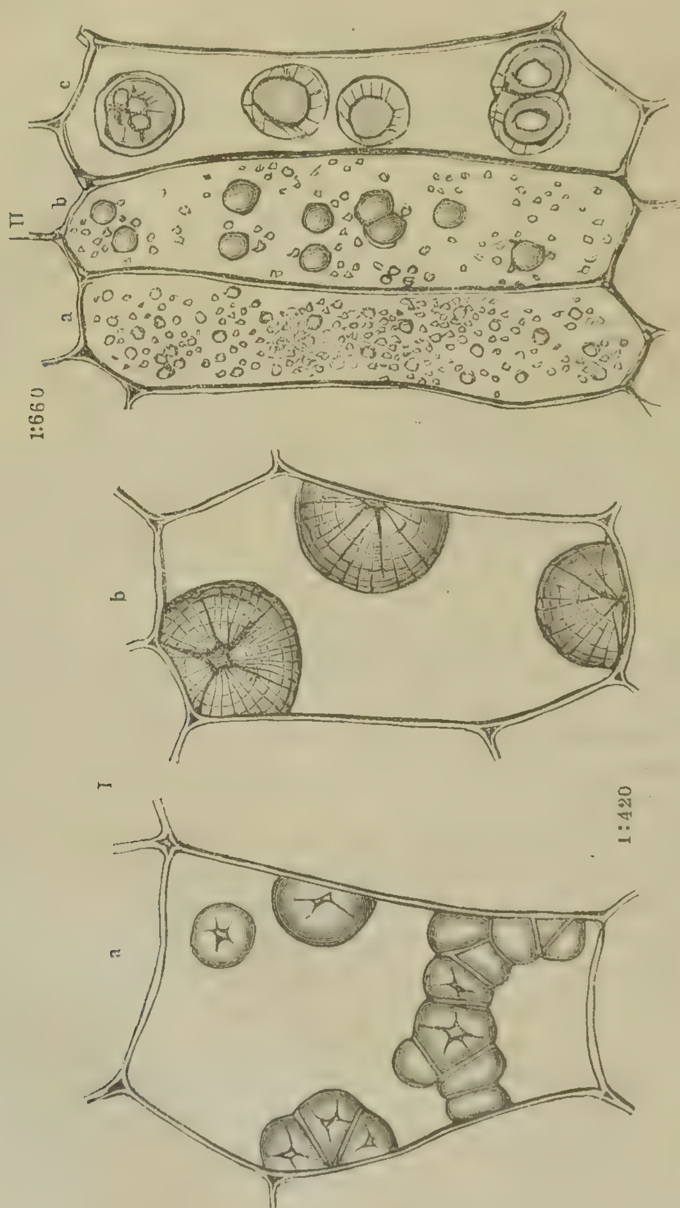
Vorkommen des Inulins. — Das Inulin trifft man, soweit bis jetzt bekannt, nur in einer einzigen Pflanzenfamilie, in den Compositen und zwar am häufigsten in den Wurzeln (Löwenzahn, Sonnenblume, Dahlie u. s. w.), seltener im Stengel an. Aber auch hier ist es nicht immer vorhanden und scheint manchmal ganz oder doch theilweise durch Stärkemehl ersetzt zu werden. Wenigstens traf ich zur Winterszeit in den Wurzeln des gemeinen Löwenzahnes das Bast- und Rindenparenchym stellenweise dicht mit Stärkekörnern erfüllt. Das Inulin kommt in den lebenden Zellen nur gelöst vor, erscheint aber in den todten Zellen oder nach dem Trocknen in Form von kleinen Körnern. Man erhält es durch Schaben des Wurzelgewebes und längeres Absetzenlassen der erhaltenen Masse in Wasser als kleinkörnigen Niederschlag. Auf dem, unverletzte und durchschnittene Zellen enthaltenden, mit Wasser befeuchteten Pflanzenschnitt ist das Inulin in Lösung innerhalb der ersteren kaum an seiner etwas stärker lichtbrechenden Eigenschaft zu erkennen. Aus gleichem Grunde sind auch die frei im Wasser vertheilten Niederschlagskörner nur schwer zu sehen. Um sie sichtbar zu machen, erfordert es einen Zusatz von Jodlösung oder noch besser von Jodglycerin, welche ihnen eine gelbe Färbung ertheilen.

Mikroskopischer Nachweis des Inulines. — Zum mikroskopischen Nachweise des Inulines eignen sich am besten die durch Schacht und Sachs bekannt gemachten Behandlungsweisen der inulinhaltigen Gewebe. Taucht man einen frischen Schnitt aus dem Wurzelparenchym, von Dahlia, Inula, Helianthus tuberosus oder Taraxum officinale in absoluten Alkohol, so schlägt sich das Inulin in Form von grösseren oder kleineren Körnern nieder, die häufig ein schaumiges, vacuolenartiges Aussehen zeigen (Fig. 3, II. *a*, a. f. S.). Ein längeres, 5 bis 10 Minuten dauerndes Verweilen der Schnitte bewirkt eine Vereinigung der kleinen Körnchen zu grösseren, isolirten, kugeligen, oder zu an der Zellwand festsitzenden, oft traubig gruppirten, halbkugeligen Körpern (Fig. 3, I. *a*), die man unter Wasser betrachtet als von radial verlaufenden Sprüngen durchsetzt, hie und da wohl auch, namentlich nach Säurezusatz, als concentrisch geschichtet erkennt (Fig. 3, I. *b*, und II. *b* u. *c*). Die schönsten, sowohl vereinzelt vorkommende, als gruppirte Inulinkugeln erhält man dann, wenn man grössere Gewebestücke tage- oder wochenlang in Alkohol oder Glycerin verweilen lässt, und dann von diesen nicht zu feine Schnitte nimmt (Fig. 3, I. *a* u. *b*).

Meyen: Neues System der Pflanzenphysiologie. Bd. II.

Payen: Annales d. sc. nat. Bot. T. XIV, Août 1840.

Mulder: Versuch einer allgemeinen physiologischen Chemie. Braunschweig 1851.
Schleiden: Unger, Schacht in den mehrfach citirten Werken.
H. v. Mohl: Die Untersuchung des Pflanzengewebes im polarisirten Lichte. Bot. Zeitung. 1858.



Inulin. I. Parenchymzellen aus der in Alkohol aufbewahrten Knolle von Dahlia variabilis, *a* unter Wasser betrachtet, *b* nach Zusatz von Salpetersäure. II. Drei Zellen aus dem Wurzelparenchym von Cichorium intybus, *a* kurz nach der Einwirkung von Alkohol, *b* nach etwas längerer Einwirkung, *c* nach 1 Tag dauernder Einwirkung unter Wasser betrachtet. Vergr. I. 1 : 420, II. 1 : 660.

Schacht: Ueber die mikroskopische Nachweisung des Inulins. Sitzungsbericht der physikalischen Section der Niederrheinischen Gesellschaft für Natur- und Heilkunde vom 9. November 1863.
J. Sachs: Ebendaselbst.
Derselbe: Ueber die Sphärokrystalle des Inulins und dessen mikroskopische Nachweisung in den Zellen. Bot. Zeitung 1864.

Klebermehl.

Vorkommen und Verhalten. — Das Klebermehl (Satzmehl, Aleuron) wurde von Hartig (Bot. Zeitung 1855, S. 881) entdeckt und dargestellt. Dasselbe findet sich in dem stärkemehlfreien, ölhaltigen Samen von Leguminosen, der Haselnuss und Paranuss (Bertholletia excelsa), sowie neben Stärkemehl in dem Sameneiweisse der Nadelhölzer (Pinus cembra etc.) in Form von runden oder länglich runden, kleinen Stärkekörnchen nicht unähnlichen Körnern ohne Schichtung. Man erhält das Klebermehl in grösseren Mengen, wenn man zarte Scheibchen aus den betreffenden Samen mit einem fetten Oele so lange auswäscht, als dieses noch getrübt erscheint, das durch ein feines Tuch gelaufene Oel sich absetzen lässt, und den weissen Bodensatz nach Wegnahme des überstehenden Oeles auf einem Filter durch Auswaschen mittelst wasserfreien Alkohols oder Aethers von dem letzteren völlig befreit. Die Beobachtung geschieht am besten unter Jodglycerin, welches demselben eine gelbe Farbe ertheilt. In Wasser, Säuren und Alkalien ist es leicht löslich, und es erweist sich seine Lösung unter Anwendung der passenden Reagentien als stickstoffhaltig, so dass man dasselbe den Eiweisskörpern zurechnen muss.

Proteïnkrystalle. Krystalloide.

Die Proteïnkrystalle, Krystalloide, welche man ihrer Form und ihres unzweifelhaften, hohen Eiweissgehaltes halber unter der ersteren Bezeichnung in der Histiologie einführte, erhalten, weil sie erstlich bei aller Aehnlichkeit in der Form doch in vielen Beziehungen wesentlich von den Krystallen abweichen, dann aber ihrer physikalischen und chemischen Constitution nach noch keineswegs hinreichend erforscht sind, und das Proteïn als Radical der Eiweissverbindungen wohl gänzlich fallen gelassen werden muss, passender den letzteren, ihnen vom Professor Nägeli beigelegten, Namen.

Dieselben wurden, nachdem Hartig schon die krystallinischen Bildungen innerhalb des Klebermehlkornes entdeckt und als Weisskerne bezeichnet hatte, zuerst von Radlkofer als den wirklichen Krystallen ähnliche Bildungen nachgewiesen und in den Zellkernen verschiedener Gewebetheile der Lathraea squamaria aufgefunden (Ueber Krystalle proteïnartiger Körper etc. Leipzig 1859). Maschke hat sie aus den Klebermehlkörnern der Paranuss dargestellt (Bot. Ztg. 1859) und Cohn dieselben als freie Krystalle in dem Protoplasma der unter der Korkschicht liegenden stärkefreien Zellen der Kartoffelknolle entdeckt (37. Jahresbericht der Schlesischen Gesellschaft für vaterländische Cultur, S. 72 u. s. w.).

Zur Beobachtung der Krystalloide in dem Samen von Bertholletia, Ricinus, Corylus, Sparganium u. s. w., wo sie sich dem übrigen körnigen, öfter Oeltropfen führenden Inhalte eingebettet finden (Fig. 4, I), dienen nicht zu dünne Schnitte durch den Eiweisskörper.

Will man dagegen jene der Kartoffelknollen näher untersuchen, so zieht man die Korkhülle ab und nimmt einen derselben parallelen zarten Schnitt. Man findet dieselben, welche übrigens nicht bei allen Kartoffelsorten und nicht immer in gleich vollkommener Ausbildung vorhanden

Fig. 4.



Vorkommen der Krystalloide *kr.* in den Parenchymzellen. I. des Samens von Bertholletia excelsa. II. der Knolle von Solanum tuberosum. Vergr. 1 : 420.

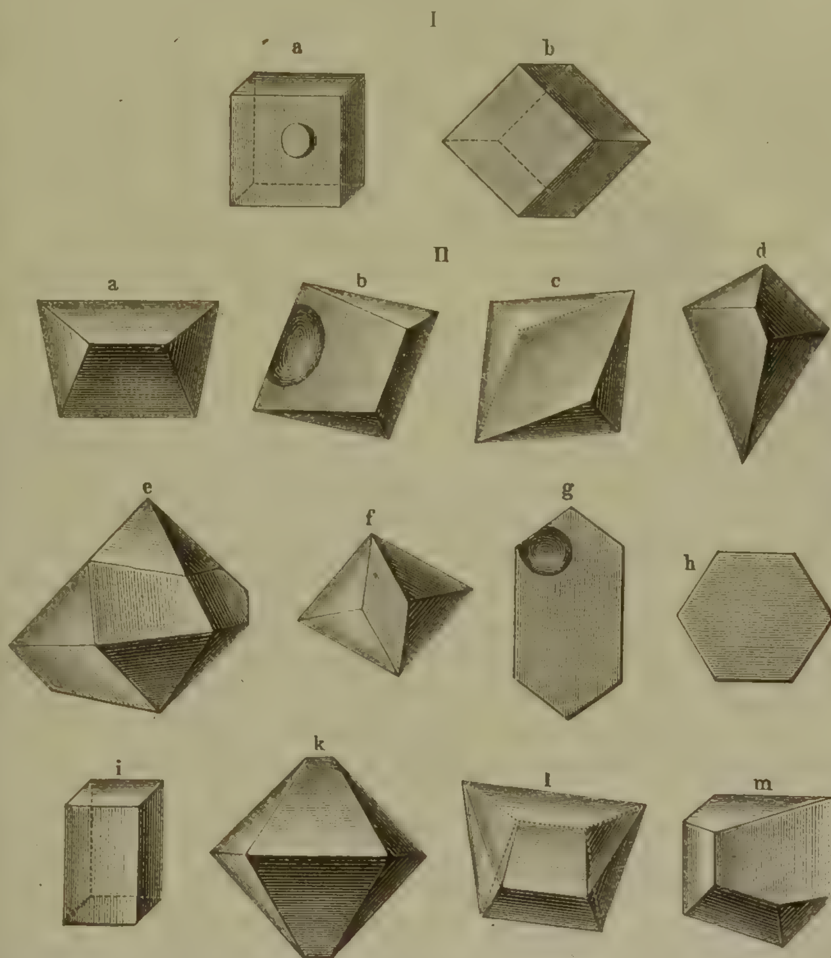
sind, dann entweder an der ursprünglichen Zellmembran (dem Primordialschlauche) anliegend, oder in dem Protoplasma eingebettet, oft in der unmittelbaren Nähe des Zellkernes (Fig. 4, II).

Formen der Krystalloide. — Die Krystallform, welche bei den unorganischen Verbindungen mit der chemischen Constitution in so entschiedenem Zusammenhange steht, hängt auch hier voraussichtlich mit Verschiedenheiten in der Zusammensetzung zusammen, so dass dieselbe bei verschiedenen Pflanzen verschieden sein kann, bei derselben Pflanze aber, trotz der mancherlei Verschiedenheiten in den abgeleiteten Gestalten, doch auf dieselbe Grundform zurückzuführen ist. Die Erkenntniss der letzteren wird indessen dadurch erschwert, dass die Winkel nicht selten um mehrere Grade abweichen und der Parallelismus der gegenüberliegenden Flächen gestört erscheint.

Bei der Kartoffel gehören die Krystalloide nach den Untersuchungen Cohn's sowie nach meinen eigenen Erfahrungen unzweifelhaft dem regulären System an (Fig. 5, I. *a* u. *b*); die der Lathraea dagegen rechnet Radlkofer zu den rhombischen, jene im Sameneiweiss von Sparganium zu dem hexagonalen System, während man über die Krystallform anderer, z. B. jener der Paranuss, welche nach den Beobachtungen Nägeli's dem schiefrhombischen Systeme angehören sollen, nach manchen der von mir

beobachteten Grund- und abgeleiteten Gestalten (Fig. 5, II. *a* bis *m*), aber eher dem rhombischen Systeme zuzurechnen sein dürften, noch nicht

Fig. 5.



Einzelne Krystalloide. I. aus der Kartoffelknolle, *a* mit einem runden Kern, *b* ohne Kern. II. *a* bis *m* verschiedene Grund- und abgeleitete Formen aus dem Samen von Bertholletia excelsa. Vergr. 1 : 1000.

einig ist. Es bleibt für diese Untersuchungen sonach noch ein ziemlich weites Feld offen.

Chemisches Verhalten. — Bei der Beobachtung des mikrochemischen Verhaltens, welches je nach Umständen ein etwas verschiedenes sein kann, kann für die verschiedenen Krystalloide so ziemlich derselbe Gang eingehalten werden, es mag daher genügen, wenn hier nur auf die Untersuchung jener der reifen Kartoffel näher eingegangen wird.

Wasser bewirkt in den Würfeln der Kartoffeln eine Art Spaltung, so dass sie aus wenigen Schichten zusammengesetzt erscheinen. Ammoniak

und verdünnte Kalilösung, ebenso Essigsäure lösen sie auf. Farbstoffe werden von denselben sehr begierig aufgespeichert.

Will man das Verhalten gegen die bekannten chemischen Reagentien auf Eiweisskörper prüfen, so benutzt man am besten gekochte, sogenannte Pellkartoffeln, da die Krystalloide hierdurch in ihrer Form keine wesentliche Veränderung erleiden, gegen die zerstörende oder lösende Einwirkung der chemischen Flüssigkeiten aber weit resistenter werden, so dass sie sich nun weder in Ammoniak noch in Essigsäure lösen.

Jodlösung sowie Salpetersäure und Ammoniak färben so behandelte Krystalloide prächtig gelb, das Millon'sche Reagenz zinnoberroth, schwefelsaures Kupferoxyd und Kali und ebenso Salzsäure violett, Cochenillelösung in Verbindung mit Essigsäure intensiv brennend roth; alles Beweise dafür, dass wir in denselben einen Eiweisskörper vor uns haben. Ob diese Verbindung Caseïn ist, wie Maschke vermuthet, dürfte erst noch durch weitere chemische Untersuchungen zu bestätigen sein.

Ein weiteres Interesse gewähren die Quellungserscheinungen, welche durch verdünnte alkalische Lösungen, durch Säuren, durch Glycerin in Verbindung mit verdünnten Säuren hervorgerufen werden. Nägeli hat aus denselben Schlüssen auf die Constitution der Krystalloide gezogen, welche für deren Stellung gegenüber den unorganischen Krystallen von Wichtigkeit sind. Zum Studium der hier in Betracht kommenden Vorgänge verwendet man am besten durch Auswaschen des zerriebenen Albumens mittelst Oeles und Aethers erhaltene, isolirte Krystalloide, und verfolgt daran die Einwirkung sorgsam von Schritt zu Schritt.

Ueber das Verhalten dieser Gebilde zu dem polarisirten Lichte werden wir in dem betreffenden Abschnitte zu sprechen Gelegenheit nehmen.

Th. Hartig: Ueber das Klebermehl. Bot. Zeitung 1855 und 1856. Entwickelung des Pflanzenkeimes. Berlin 1858.

v. Holle: Beiträge zur näheren Kenntniss der Proteïnkörner. Neues Jahrbuch für Pharmacie von Walz und Winkler 1858.

Radlkofer: Ueber Krystalle proteïnartiger Körper pflanzlichen und thierischen Ursprungs. Leipzig 1859.

Maschke: Ueber den Bau und die Bestandtheile der Kleberbläschen in Bertholletia. Bot. Zeitung 1859.

Cohn: Ueber Proteïnkrystalle in den Kartoffeln. Jahresbericht der Schlesischen Gesellschaft für vaterländische Cultur. 1859.

Nägeli: Ueber die aus Proteïnsubstanzen bestehenden Krystalloide der Paranuss. Botanische Mittheilungen. München 1862.

Chlorophyll.

Formverhältnisse des Chlorophylls. — Das Chlorophyll (Blattgrün) bildet eigentlich immer eine formlose Substanz und erscheint nur da in Form von Körnern, wo es andere, geformte Bestandtheile des Zelleninhaltes, welche man dann als Chlorophyllkörner bezeichnet, überzieht. Niemals bildet es den Inhalt von Bläschen, wie dies, auf unvollständige Beobachtungen gestützt, manche Forscher annehmen. Um sich von den

beiden angeführten Thatsachen zu überzeugen, bedarf es nur einer einfachen Behandlung des betreffenden Präparates mit Alkohol oder Aether, welche das Chlorophyll lösen und dessen Unterlage zurücklassen.

In manchen Pflanzen, z. B. in den Zellen der Drapernaldien, der Spirogyren, Zygnemen, Closterien und anderer Algen, ebenso in denen des Laubes von Anthoceros ist das Chlorophyll an das allgemeine Protoplasma gebunden, indem es die von demselben gebildeten Bänder, Strömungsfäden u. s. w. überkleidet. Es erscheint hier so zu sagen formlos.

Bei der grossen Mehrzahl der Pflanzen tritt das Blattgrün dagegen als Ueberzug von körnerförmigen Bildungen auf und erscheint somit selbst unter der Form von Körnern. Die körnige Unterlage desselben ist zweierlei Art.

In dem einen Falle wird sie aus einer stickstoffhaltigen Substanz, wahrscheinlich aus einem erhärteten Theile des Protoplasmas, gebildet. Solche Chlorophyllkörner findet man in den vollkommen entwickelten Blättern der Tulpe, der Stechpalme (Ilex aquifolium), des Mauerpfeffers (Sedum acre), der Fetthenne (Sedum Telephium). Zieht man bei diesen Pflanzen das Chlorophyll durch Alkohol oder Aether aus und prüft die zurückbleibenden Körner mittelst chemischer Reagentien, so zeigen dieselben einen unzweifelhaften Gehalt an Eiweissstoffen. Die Form dieser Körner ist in der Regel linsenförmig abgeplattet und ihre Grösse schwankt nach H. v. Mohl, dessen Arbeit (Bot. Zeitg. 1855) wir den wesentlichsten Aufschluss über das Chlorophyll verdanken, zwischen 0,0075 bis $0{,}009^{mm}$.

Die Unterlage der zweiten Art besteht aus einem oder mehreren Stärkekörnern, und das Chlorophyll bildet, an eine protoplasmatische Masse gebunden, über denselben bald einen ganz dünnen, bald einen stärkeren Ueberzug. Das Vorhandensein des Stärkemehls erkennt man hier meistens schon unmittelbar nach der Befeuchtung des betreffenden Präparates mit Jodlösung, wonach dessen Körner intensiv blau gefärbt werden, besser aber noch, wenn man den Farbstoff vorher mittelst Alkohol ausgezogen hat.

Die Form dieser zweiten Art der Chlorophyllkörner wechselt mannigfach, bald ist dieselbe rund, bald länglich bis stäbchenförmig, und ihre Grösse schwankt von etwa 0,0075 bis zu $0{,}019^{mm}$. Unter die Pflanzentheile, welche nur derartige Chlorophyllkörner besitzen, gehören z. B. die Epidermis der Antheridien der Laubmoose. die Blätter dieser und der Lebermoose, die Blätter der Mistel (Viscum album) und der Wachsblume (Hoya carnosa). Ausserdem finden sie sich, wenn die äusseren Schichten der Blätter und grünen Stengeltheile auch nur Chlorophyllkörner mit einer stickstoffhaltigen Unterlage besitzen, immer in deren inneren Schichten, und scheinen überhaupt die weiteste Verbreitung zu besitzen.

Die wichtigsten Verhältnisse, auf welche man bei der Untersuchung des Chlorophylls sein Augenmerk zu richten hat, sind also die Gestaltungs-

und Mischungsverhältnisse seiner Unterlage, sowie die Vertheilung der verschiedenen Arten desselben sowohl in den einzelnen Pflanzen als in den verschiedenen betreffenden Organen und Geweben einer und derselben Pflanze.

Entstehung des Chlorophylls. — Die Entstehung des Chlorophylls verfolgt man in jugendlichen, sich eben entwickelnden Stengeln und Blättern von im Wachsthum begriffenen oder noch besser von keimenden Pflanzen, und hat man vorzugsweise auf die Bildung seiner Unterlage zu achten. Man wird dann sowohl bei solchen Chlorophyllkörnern, welche eine stickstoffhaltige Unterlage besitzen und behalten, als auch bei jenen, welche später Stärkekörner als Einschlüsse oder Unterlage beobachten lassen, finden, dass dieselben immer aus farblosem, homogenem oder höchst feinkörnigem Protoplasma hervorgehen, und sich, während letzteres eine gelbgrüne oder grüne Farbe annimmt, in Form von kugeligen Klümpchen heranbilden. Die so entstandenen Körner erscheinen immer erst später von dem vollkommen grünen Farbstoff überzogen.

Wo Stärkekörner die Grundlage des fertigen Chlorophylls bilden, da beobachtet man die Entstehung wie die Theilungen dieser letzteren erst dann, wenn sich das Chlorophyllkorn schon gebildet hat. Für diese letzteren Beobachtungen bieten namentlich die jungen Moosblätter, ebenso die die Befruchtungsorgane umgebenden jugendlichen Paraphysen ein günstiges Material.

Die Entstehung der Chlorophyllkörner, über welche uns namentlich die neueren Arbeiten von Jul. Sachs schöne Aufschlüsse ertheilt haben, und deren Beobachtung die Anfertigung sehr zarter Schnitte und die Anwendung starker Vergrösserungen sowie den Gebrauch einer der Seite 271 u. f. des ersten Bandes beschriebenen Zusatzflüssigkeiten verlangt, erfolgt nach zwei verschiedenen Typen, indem dieselben entweder aus dem wandständigen oder aus dem in der Nähe des Kernes angesammelten Protoplasma hervorgehen.

Bei dem ersten Typus findet sich in denjenigen Zellen, welche Chlorophyll bilden, z. B. in jenen der Keimblätter der Bohnen, der Pferdebohnen, der Sonnenblume u. s. w., vor dem Keimen, in jenen der in der Ausbildung begriffenen Blättchen der jüngsten Internodien keimender Pflanzen ein mächtiger, die Zellhaut entweder in gleichmässiger Stärke überziehender, oder an manchen Stellen stärker angehäufter Ueberzug von homogenem Protoplasma (Fig. X, I. *a*), der, sobald der erste Einfluss des Lichtes sich geltend zu machen beginnt, stufenweise eine gelbe, gelbgrünliche bis grüne Färbung annimmt. Auf der nächsten Entwickelungsstufe zerfällt entweder der ganze Wandbelag, oder die in bedeutenderer Dicke angehäuften Partieen desselben, indem er sich von dem Innenraum der Zelle her nach der Zellhaut hin einschnürt (Fig. X, I. *b*, II. *a*), in von der Flächenansicht (Fig. X, II. *a*, *cl*) vieleckig erscheinende Theile, welche,

nachdem die Einschnürung vollendet ist, sich runden und ihr charakteristisches Aussehen (Fig. X, II. *b*) erhalten.

Bei dem zweiten Typus, der sich wohl bei allen chlorophyllbildenden Zellen mit anfänglich oder bleibend centralen Kernen (bei den Rindenzellen der Cacteen u. s. w., bei den eben durch Theilung entstandenen und ergrünenden Kapselwandzellen mancher Lebermoose, Marchantia, Fegatella, Pellia, den Haarzellen mancher Phanerogamen) beobachten lässt, entstehen die Chlorophyllkörner innerhalb des den Kern umgebenden körnigen Protoplasmas als kleine, farblose, erst nach ihrer Ausscheidung ergrünende Klümpchen (Fig. XI.), welche entweder längere Zeit um den Kern gelagert bleiben, oder schon früh mit den gleichzeitig sich bildenden Protoplasmaströmchen nach der Zellwand und mit jenem durch das Innere des Zellraumes geführt werden.

Diejenige Entstehungsweise des Chlorophylls, welche von Jul. Sachs und A. Gris in den ergrünenden Cotyledonen der keimenden Zwiebel beobachtet wurde, bildet gleichsam den Uebergang zwischen den beiden genannten Typen, indem nach der Entstehung der Binnenströmchen des Protoplasmas dieses letztere, indem es zugleich eine gelbliche Färbung annimmt, theilweise von dem Kerne weg und nach der Zellwand geführt wird, wo es in ähnlicher Weise zerfällt, wie es oben geschildert wurde (Fig. XII, *a*, *b*, *c*).

Entstehung der Stärke im Chlorophyll. — Die Entstehung der Stärkekörner innerhalb des Chlorophylls entzieht sich in den ersten Stadien der Beobachtung. Das, was sich mit Sicherheit beobachten lässt, ist Folgendes: In den fertigen Chlorophyllkörnern treten innerhalb der vorher anscheinend homogenen Chlorophyllmasse eines oder mehrere Körnchen auf (Fig. XIII, I. bis III. *a*), welche nach und nach an Grösse zunehmen (Fig. XIII, I. bis III. *b*, *c*, *d*) und das Chlorophyllkorn mehr und mehr ausdehnen, so dass die umhüllende grüne Schicht immer dünner wird, bis sie zuletzt ganz verschwindet, und die jungen Stärkekörner frei zu Tage treten. Wo die Chlorophyllkörner mehrere Stärkekörner enthalten, da platten sich letztere in Folge ihrer Grössenzunahme an den sich berührenden Seiten häufig ab, so dass sie hier polyëdrische Flächen erhalten (Fig. XIII, III. *d*), während dem freien Theile der Oberfläche die sphärische Form bleibt.

Dass auch hier die Anfertigung höchst feiner Schnitte, sowie die Anwendung starker Vergrösserungen nothwendig wird, braucht wohl kaum bemerkt zu werden. Häufig wird es gut sein, wenn man die zu untersuchenden Präparate mit Alkohol oder Aether behandelt, um den Farbstoff, welcher die Beobachtung stört, erst auszuziehen. Ebenso wird man, um sich von der chemischen Beschaffenheit der Einschlüsse mit Sicherheit zu überzeugen, die oben geschilderte Reactionsmethode anwenden müssen.

H. v. Mohl: Untersuchungen über die anatomischen Verhältnisse des Chlorophylls. Dissertation vom Jahre 1837. Vermischte Schriften. 1846.

Th. Hartig: Das Leben der Pflanzenzelle. 1844.

Nägeli: Bläschenförmige Gebilde im Innern der Pflanzenzelle. Schleiden und Nägeli, Zeitschrift u. s. w. Heft 3 und 4. 1846.

Göppert und Cohn: Ueber die Rotation u. s. w. Bot. Zeitung. 1849.

Mulder: Versuch einer allgemeinen physiologischen Chemie.

Nägeli: Systematische Uebersicht der Erscheinungen im Pflanzenreiche. 1853 und pflanzenphysiologische Untersuchungen von Nägeli und Cramer. Heft 2.

H. v. Mohl: Ueber den Bau des Chlorophylls. Bot. Zeitung. 1855.

Th. Hartig: Entwickelungsgeschichte des Pflanzenkeimes. 1858.

v. Böhm: Beiträge zur näheren Kenntniss des Chlorophylls. Sitzungsberichte der Kais. Akademie der Wissenschaften. 1857.

A. Gris: Recherches microscopiques sur la Chlorophyll. Ann. des sciences nat. 1857.

Maschke: Ueber einige Metamorphosen in der reifenden Frucht von Solanum nigrum. II. Bot. Zeitung. 1859.

J. Sachs: Ueber den Einfluss des Lichtes auf die Bildung des Amylums in den Chlorophyllkörnern. Bot. Zeitung. 1862.

Derselbe: In der Flora von 1862 und 1863: Uebersicht der Ergebnisse der neueren Untersuchungen über das Chlorophyll.

Derselbe: Ueber die Stoffe, welche das Material zum Aufbau der Zellhäute liefern. Pringsheim's Jahrbücher. Bd. III, Heft 2. 1862.

v. Böhm: Die physiologischen Bedingungen zur Entstehung des Chlorophylls. Separatabdruck aus den Sitzungsberichten der Kais. Akademie. Wien 1865.

Siehe ferner die mehrfach citirten Lehrbücher von Meyen, Schleiden, H. v. Mohl, Unger und Schacht.

Farbstoffe.

Formverhältnisse der Farbstoffe. — Die Farbstoffe kommen als sichtbarer Zellinhalt entweder gelöst in dem Zellsafte vor, oder sie sind gleich dem Chlorophyll, an körnige, protoplasmatische Bildungen gebunden. Niemals habe ich bei der sorgfältigsten und vielfachsten Beobachtung Farbebläschen gefunden, welche den Farbstoff als Inhalt führten.

In Bezug auf dieses morphologische Verhalten lassen sich nach meinen eigenen Beobachtungen, die neuerdings durch die Untersuchungen von Hildebrandt (Pringsheim's Jahrbücher, Bd. III, Heft 1) bestätigt worden sind, folgende Verhältnisse feststellen.

Die rein blauen, violetten und rothen Farbstoffe sind in der Regel in Form von Lösungen vorhanden; dagegen erscheinen die gelben, orangegelben und gelbrothen Farben, soweit die letzteren nicht Mischfarben aus Gelb und Roth sind, die in verschiedenen übereinander gelagerten Farbstoff führenden Zellenlagen oder in derselben Zellschicht vorkommen können, und wo die letztere Farbe dem Zellsaft, die erstere kleineren oder grösseren Körnern angehört, an körnige Bildungen gebunden.

Vertheilung und chemische Beschaffenheit der Farbstoffe. — In Bezug auf die Vertheilung der Farbstoffe in den betreffenden Geweben, welche durch Quer- und Längsschnitte zu ermitteln ist, hat man darauf zu achten, ob alle oder nur einzelne und, wenn letzteres der Fall ist, welche Zellschichten dieselben enthalten.

Die chemische Beschaffenheit sowie die Entwickelungsgeschichte der Farbstoffe ist noch nicht genügend festgestellt und bedarf die Ansicht

Wigand's, als ob die blauen und rothen Farbstoffe (Anthocyan) ihre Entstehung dem Gerbstoffe, die gelben (Anthoxantin) aber dem Chlorophyll verdanken, noch erst der Bestätigung, die sich namentlich im Verfolge der Blüthen- und Fruchtentwickelung entsprechender Pflanzen erzielen lässt.

H. v. Mohl: Untersuchungen über die winterliche Färbung der Blätter. Dissertation vom Jahre 1837. Vermischte Schriften. 1846.

Hildebrandt: Anatomische Untersuchungen über die Farben der Blüthen. Pringsheim's Jahrbücher. Bd. III, Heft 1. 1861.

Wigand: Einige Sätze über die physiologische Bedeutung des Gerbstoffes und der Pflanzenfarben. Botanische Zeitung. 1862, Nro. 16.

Nägeli: Farbstoffkrystalloide bei den Pflanzen. Bot. Mittheilungen. München 1862.

A. Weiss: Untersuchungen über die Entwickelungsgeschichte des Farbstoffes in Pflanzenzellen. Sitzungsberichte der Kais. Akademie. Separatabdruck. Wien 1864.

Krystalle.

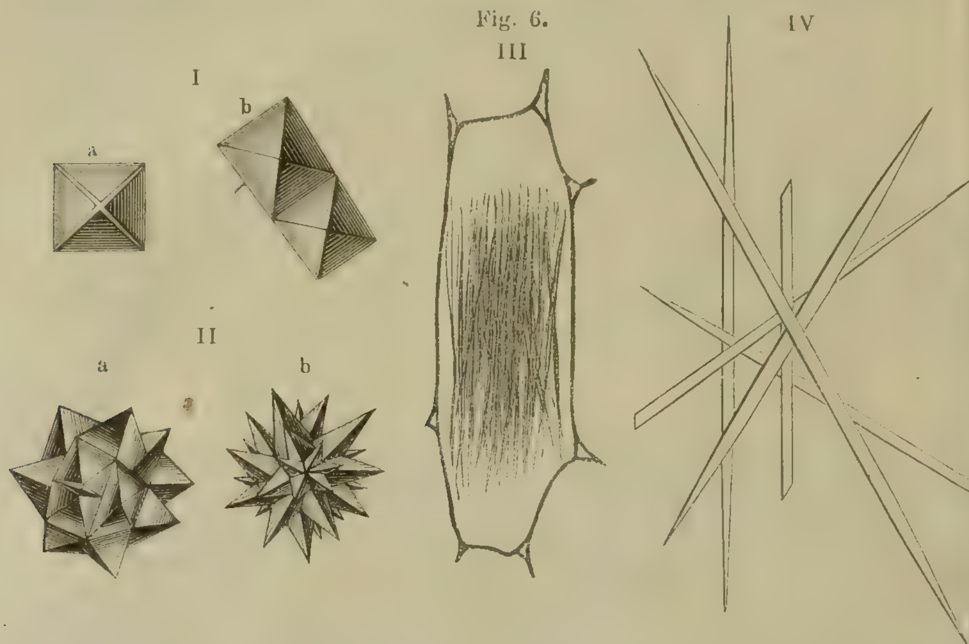
Zusammensetzung und Vorkommen. — Die als Zellinhalt erscheinenden Krystalle bilden Erd- und, wenn nicht in allen, doch in den meisten Fällen Kalksalze, deren Säure in der Regel eine organische, wohl am häufigsten Oxalsäure ist, während bei bestimmten Pflanzen eine andere organische Säure, z. B. Weinsäure, Citronensäure, nicht gänzlich ausgeschlossen sein dürfte. Krystallisirte Salze mit unorganischen Säuren kommen im Pflanzenreiche allem Anscheine nach gar nicht vor, obgleich einzelne Beobachter auch hie und da kohlensauren und schwefelsauren Kalk gefunden haben wollen (Meyen, Schleiden, Harting, v. Berg, Flückiger).

Bis jetzt sind Krystalle nur in parenchymatischen Geweben beobachtet worden und es fehlen dieselben vielleicht nur in wenigen Pflanzen, obwohl manche Familien sich namentlich reich an ihnen erweisen, wie z. B. die Lilien, Scitamineen, Aroideen, Cacteen, Begoniaceen, Chenopodeen, Moreen, Asclepiadeen und Apocyneen etc. Bald erscheinen dieselben einzeln oder als Zwillingsgestalten, vereinzelt, sowie zu mehreren in einer Zelle (Allium, Musa, Aesculus, Rubinia, Citrus u. s. w. Fig. 4, I.), bald bilden sie grössere oder kleinere Krystallgruppen, Drusen (Hoya Urostigma, Chenopodium, Begonia etc.) (Fig. 4, II. *a* u. *b*). Die sogenannten Raphiden (Fig. 4, III. u. IV.) sind nadelförmige Krystalle, welche sich meistens in ziemlich grosser Menge lose in einer Zelle vereinigt finden.

Krystallformen. — Die genaue Bestimmung der einzelnen in den mannigfachsten Combinationen auftretenden Krystallgestalten bietet oft grosse Schwierigkeiten, da sich die Kanten- und Flächenwinkel, welche der Messung zugänglich sind oder derselben durch Drehung des Krystalles zugänglich gemacht werden, und aus denen die übrigen zur Construction der Krystallgestalt nothwendigen unbekannten Elemente durch trigonometrische Rechnung gefunden werden können, bei ihrer Kleinheit nur selten genau bestimmen lassen. Wo die Objecte gross genug sind, da bedarf

es zu dieser Bestimmung indessen keineswegs des theuren Goniometers, sondern es liefert die genaue Nachzeichnung mittelst der Camera lucida

Fig. 6.



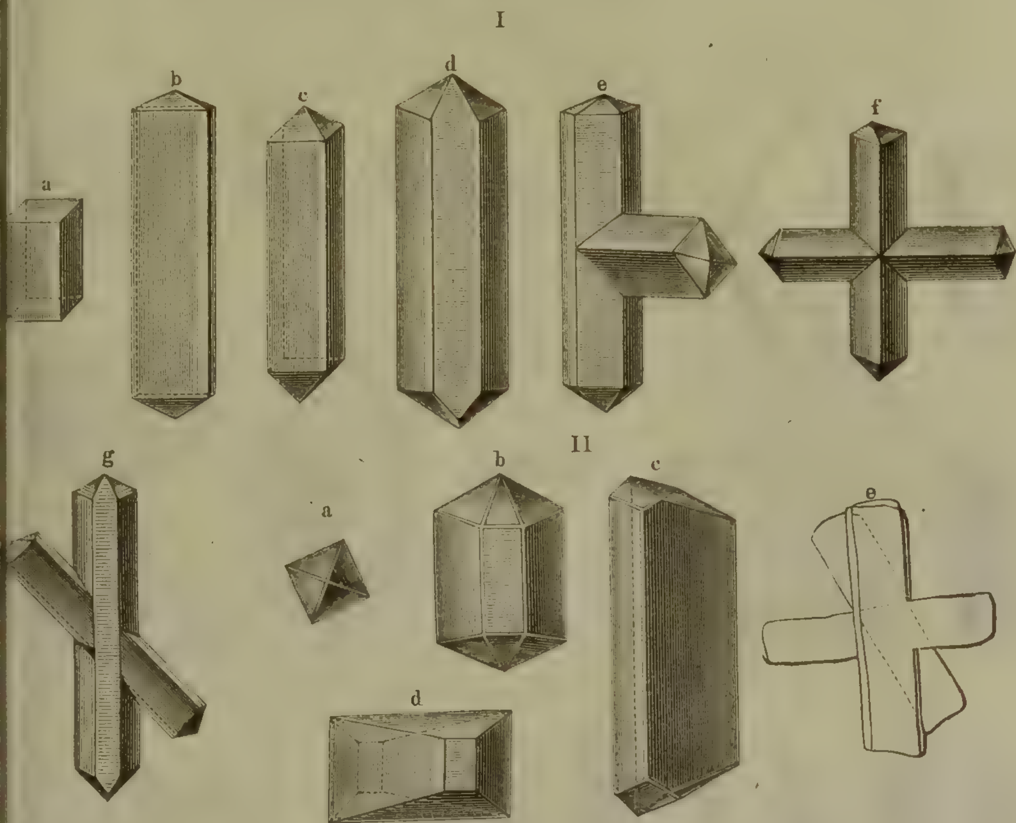
Verschiedenes Vorkommen von Krystallen. I. Aus dem Blatt von Begonia heracleifolia. *a* ein einzelnes Quadratoctaëder, *b* ein Zwillingskrystall derselben Form. Vergr. 1 : 660. II. Krystalldrüsen; *a* aus dem Blatte der obigen Pflanze (Quadratoctaëder). *b* aus dem Stengel von Urostigma elasticum (Gummibaum). Vergr. 1 : 660. III. Eine Zelle mit Raphiden aus dem Stengel von Aloe retusa. Vergr. 1 : 320. IV. Einzelne Raphiden aus dem Stengel von Tradescantia viridis. Vergr. 1 : 500.

und die nach entsprechender Verlängerung der Schenkel vorgenommene Winkelmessung mit einem guten und fein ($^1/_3{}^0$) getheilten Transporteur an Genauigkeit gleiche Resultate. Als leichter ausführbar und genauere Resultate versprechend erscheint die neuerdings von Zenger vorgeschlagene Methode (siehe Literatur), wonach die senkrecht zur optischen Achse gestellten Diagonalen- oder Kantenlängen mittelst einer der mikrometrischen Methoden gemessen, und deraus die Grössen der Winkel trigonometrisch berechnet werden.

Die meisten der bis jetzt beobachteten Krystalle lassen sich in den beiden Krystallsystemen unterbringen, in denen der oxalsaure Kalk auch sonst auftritt, und deren Grundgestalten die quadratische (quadratisches System) und schief rhombische (monoklinisches oder schief rhombisches System) Säule bilden, wofür eine hinreichende Vertrautheit mit den betreffenden Gestalten in den meisten vorkommenden Fällen die nöthigen Anhalte gewähren dürfte, ohne dass man gerade zu den oben genannten Mitteln zu greifen brauchte, die jedoch überall da zur Anwendung kommen müssen, wo der geringste Zweifel waltet und sie eine ausreichende Sicherheit erwarten lassen.

Im ersteren Falle, wo wir es dann mit sechsfach gewässertem oxalsaurem Kalk zu thun haben, treten quadratische Säulen und Tafeln,

Fig. 7.



Krystallformen des quadratischen Systems. I. Aus dem Blatte von Allium cepa; *a* quadratische Säule, *b* plattenförmige Säule mit Octaëdercombination, *c* Combination von quadratischer Säule und quadratischem Octaëder, *d* Ableitungsform aus einer Combination voriger Art durch Abstumpfung zweier diagonalen Seitenkanten entstanden, *e*, *f* und *g* Zwillingskrystalle. II. Aus dem Stengel von Tradescantia viridis; *a* Quadratoctaëder, *b* quadratische Säule mit abgestumpften Seitenkanten und aufgesetztem Octaëder, dessen Gipfelkanten ebenfalls abgestumpft sind, *c* eigenthümliche, sehr seltene Ableitungsform einer Säulen-Octaëdercombination, entstanden durch abnorme Vergrösserung zweier zusammenstossender Flächen *), *d* nur vereinzelt erscheinende hemiëdrische Ableitungsform, aus der quadratischen Säule entstanden durch Abstumpfung von 2 Paar Endecken mittelst Sphenoidflächen und folgende Abstumpfung je zweier diagonaler Seitenkanten. *e* Zwillingskrystall. Vergr. 1 : 1200.

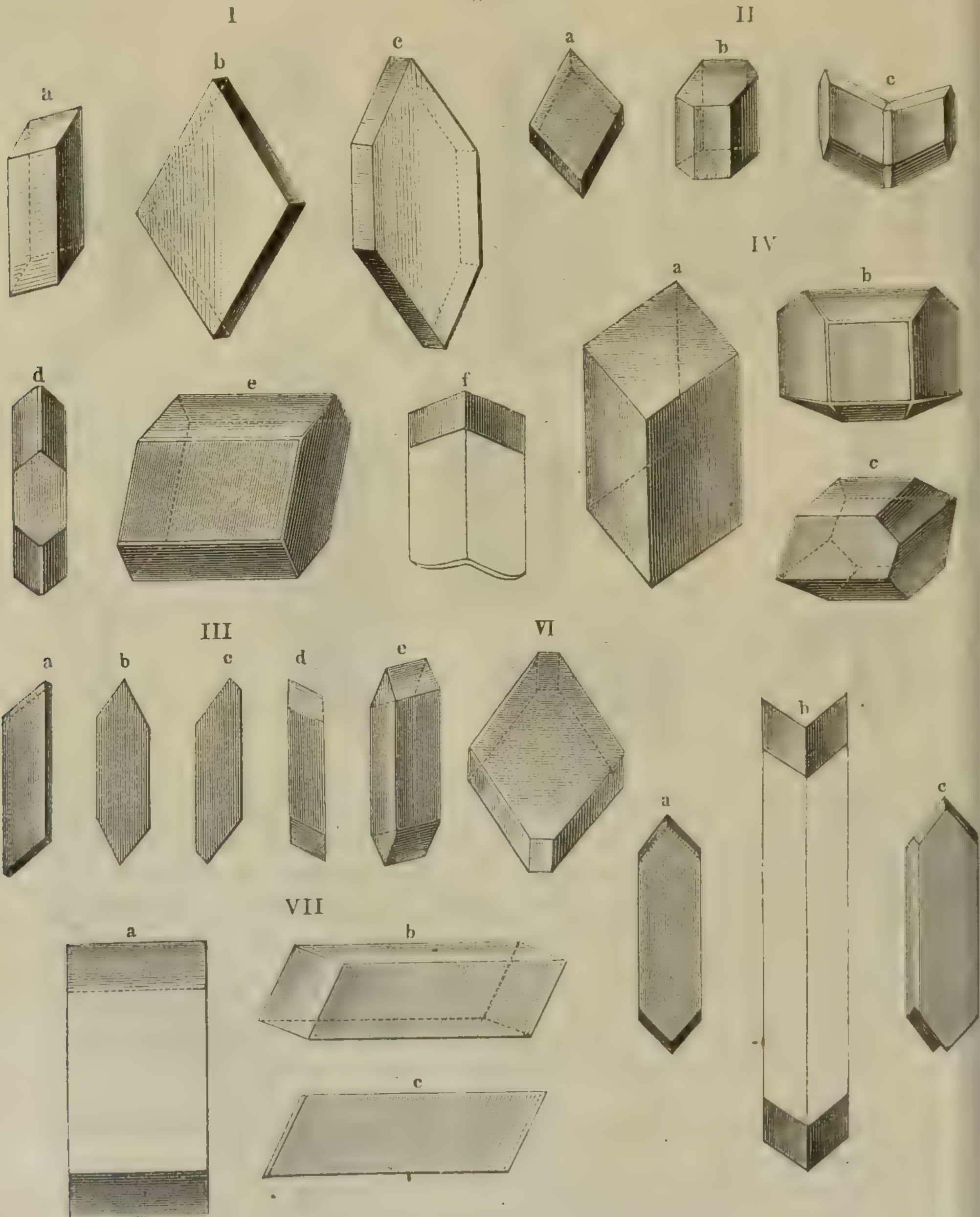
quadratische Octaëder oder verschiedene Combinationen von Säulen und Octaëdern auf (Fig. 7).

Im anderen Falle, wo die Krystalle aus zweifach gewässertem oxalsaurem Kalk bestehen, finden sich entweder die reine Grundgestalt,

*) Möglicherweise ist diese Form auch eine hemiëdrische Combination des Quadratoctaëders. Neuerlichst begegnete ich derselben bei den Zwiebelschuppen von Allium cepa häufiger, konnte sie aber noch nicht näher untersuchen.

d. h. die schiefe rhombische Säule (Hendyoëder, Fig. 8, I. und IV. *a*), oder von ihr abgeleitete, meist durch Abstumpfung der diagonal einander gegenüberliegenden Seiten- oder Randkanten oder beider zugleich u. s. w.

Fig. 8.



Krystallformen des monoklinischen oder schiefrhombischen Systemes. I. *a* bis *f* aus dem Bastparenchym von Aesculus hippocastanum. *a* schief rhombische Säule auf einer Seitenfläche liegend, *b* dieselbe durch Verkürzung der Hauptachse zur Tafel geworden auf einer Endfläche liegend, *c* wie *b* mit Abstumpfung der beiden stumpfen (orthodiagonalen) Seitenkanten, *d* Ableitungsform der schief rhombischen Tafel, entstanden durch Abstum-

entstandene Gestalten (Fig. 8, I. bis IV. *b* u. *f*, VI., V. *a*, VII. *a* bis *c*), wobei nicht selten Zwillinge (Hemitropieen auftreten (Fig. 8, I. *f*, II. *c*, V. *b* u. *c*).

Mikrochemische Analyse. — Nicht minder grosse Schwierigkeiten als der krystallonomischen Bestimmung stehen der mikrochemischen Analyse entgegen, für welche es zur Zeit noch mannigfach an den geeigneten Reagentien fehlt.

Die einzigen chemischen Reactionen, welche sich bis jetzt mikrochemisch verwerthen lassen, bestehen in Folgendem. Löslichkeit in grösserer Menge kalten oder in geringerer Menge heissen Wasser würde Gyps anzeigen, die unter Aufbrausen erfolgende Lösung in Essigsäure kohlensauren Kalk erkennen lassen, während das Fehlen der letzteren Reaction neben der Lösung ohne Gasentwickelung in Salpeter- und Salzsäure auf oxalsauren Kalk hinführt. Diese Reactionen werden namentlich da von Wichtigkeit, wo man nach den beobachteten Krystallgestalten, die entweder als zu dem schiefrhombischen System gehörig erkannt, oder für Rhomboëder gehalten werden, in der That aber schief rhombische Tafeln sind, statt auf oxalsauren, auf schwefel- oder kohlensauren Kalk zu schliessen sich veranlasst sehen könnte. Unterstützt werden die hierbei gewonnenen Resultate noch dadurch, dass man nach dem in der auf Seite 342 des ersten Bandes beschriebenen Weise vorgenommenen Glühen der betreffenden Krystalle auf Zusatz von Essigsäure Auflösung mit Gasent-

pfung der beiden stumpfen Seiten- und der scharfen Randkanten bis zur Mitte der Seitenflächen und Ersatz der ersteren durch die Hemi-Pyramidenflächen, auf der ersteren Abstumpfungsfläche liegend, *e* Ableitungsform der Grundgestalt durch Abstumpfung der stumpfen Seitenkanten, auf einer der letzteren Abstumpfungsflächen liegend, *f* Zwilling, und zwar eine sogenannte Hemitropie der Form *c*. — II. *a* bis *e* aus dem Marke von Periploca graeca erhaltene, den Formen unter I. *a* und *e* entsprechende Gestalten, *c* Zwillinge. — III. *a* bis *e* aus dem Parenchym in der Nähe der Gefässbündel von Musa sinensis; *a* schief rhombische Säule durch stärkere Ausdehnung zweier gegenüberstehenden Seitenflächen plattenförmig geworden, *b* schief rhombische Tafel mit abgestumpften orthodiagonalen Kanten; *c* Ableitungsform aus *a*, entstanden durch Abstumpfung zweier scharfen, diagonal gegenüberliegenden Randkanten, *d* und *e* schiefrhombische Tafeln, Ableitungsform wie in *b*, die erstere auf einer Abstumpfungsfläche liegend, die letztere etwas gewendet und daher perspectivisch. — IV. *a* bis *c* aus der Gefässbündelscheide des Fiederstieles von Cycas revoluta; *a* ausgebildete schief rhombische Säule in der Zelle auf einer der scharfen Seitenkanten liegend, *b* seltene Ableitungsform aus der ersteren, entstanden durch Abstumpfung der scharfen (klinodiagonalen) Seitenkanten und der spitzen Endecken; der untere Theil unvollständig ausgebildet, *c* desgleichen entstanden durch die Abstumpfung der zwei an beiden Endflächen sich diagonal gegenüberliegenden scharfen Randkanten; auf einer Seitenfläche der Säule liegend. — V. Krystalle aus der Guajakrinde; *a* Ableitungsform wie I. *c*, welche leicht mit den, durch auf den ursprünglichen Endflächen liegende Zwillinge von der Gestalt bei *b* erzeugten Formen *c* verwechselt werden können, wenn man bei diesen nicht die beiden Spitzen erkennen kann. — VI. Tafelförmige Säule aus Citrus Aurantium mit Abstumpfung der scharfen klinodiagonalen Seitenkanten. — VII. Schiefe rectanguläre Säulen aus einer brasilianischen Bignonia, entstanden durch Abstumpfung der ortho- und klinodiagonalen Seitenkanten der Grundgestalt. *a* auf der Grundfläche liegend, senkrecht von oben gesehen; *b* in gleicher Lage etwas zur Seite gedreht, daher perspectivisch; *c* auf der Abstumpfungsfläche der stumpfen Seitenkante liegend. Vergrösserung I. bis IV. 1 : 1200; V. 1 : 500; VI. und VII. 1 : 670.

wickelung beobachtet, was unzweifelhaft die vorherige Gegenwart von Oxalsäure anzeigt. Sollte man auf mikrochemischem Wege nicht zu dem gewünschten Ziele gelangen, so empfiehlt sich, wenn es nicht an der erforderlichen Menge des Materials gebricht, die makrochemische Untersuchung, mit der wir uns hier nicht zu befassen haben.

Weiteren Aufschluss darüber, ob diese Inhaltselemente, soweit sie sich nicht sicher krystallographisch bestimmen lassen, dem quadratischen oder schiefrhombischen Krystallsysteme angehören, dürfte deren Untersuchung im polarisirten Lichte gewähren, und hoffe ich in einem folgenden Abschnitte einige Beiträge zu dieser Untersuchungsweise liefern zu können.

Zur Beobachtung des Vorkommens der Krystalle in den verschiedenen parenchymatischen Geweben der Pflanzen, wobei besonders darauf zu achten ist, ob nur Formen eines oder ob solche der beiden genannten Krystallsysteme in ein und derselben Pflanze (Tradescantia, Commelina, einzelnen Orchideen u. s. w.) und in welcher auf die verschiedenen Gewebe bezüglichen Vertheilung sie auftreten, hat man für den Stengel Quer- und Längsschnitte, für das Blatt Quer- und Flächenschnitte zu fertigen. Für die krystallonomische und mikrochemische Untersuchung benutzt man am besten isolirte Krystalle, welche leicht durch Schaben der betreffenden Pflanzentheile unter Wasser und mehrmaliges Absetzenlassen der so erhaltenen Masse in nicht zu engen Reagenscylindern hinreichend rein erhalten werden.

Meyen: Neues System der Pflanzenphysiologie. Bd. I, 1837.
Bailay: In American Journal of science and arts. Vol. 48, pag. 17.
Unger: Ueber Krystallbildungen in den Pflanzenzellen. Annalen des Wiener Museums. Bd. I, 1844. Anatomie und Physiologie der Pflanzen. 1855.
C. Schmidt: Entwurf einer allgemeinen Untersuchungsmethode der Säfte und Excrete des thierischen Organismus. Leipzig 1846.
Sanio: Monatsberichte der preussischen Akademie der Wissenschaften. 1857. Januar Seite 53 und April Seite 253.
v. Berg: Archiv der Pharmacie 1859. 2. Reihe, Bd. IXC, Heft 1, und Bot. Zeit. 1861. Seite 140.
Zenger: Mikroskopische Messungen der Krystallgestalten einiger Metalle. Sitzungsberichte der Kaiserl. Akademie, Bd. 44, Abtheil. 2, Heft III., Seite 297.
Flückiger: Schweizerische Wochenschrift für Pharmacie. Bd. I, Heft 1, 1862.
Gg. Holzner: Ueber die Krystalle in den Pflanzenzellen. Flora 1864. Nro. 18, 19 und 35.

II. Entstehung der Pflanzenzelle.

Die Pflanzenzelle entsteht immer nur innerhalb einer anderen Zelle, welche den Namen „Mutterzelle“ erhält. Je nach der Betheiligung der Zellhaut (des Primordialschlauches) und des Inhaltes der Mutterzelle bei der Zellenbildung unterscheidet man freie Zellenbildung und Zellenbildung durch Theilung.

Bei der ersteren ist die Zellhaut nicht unmittelbar betheiligt, dagegen der Inhalt mehr activ, bei der anderen nimmt jene entschiedenen Antheil an der Entstehung der Tochterzellen, während der letztere in gewissem Sinne passiv erscheint.

1. Freie Zellenbildung.

Verbreitung und Arten der freien Zellenbildung. — Die freie Zellenbildung tritt überall da auf, wo sich die erste Zelle eines entstehenden Organismus entwickelt. Sie gibt allen Zellen ihr Dasein, welche bei der geschlechtlichen Fortpflanzung der Kryptogamen und Phanerogamen, sowie bei der ungeschlechtlichen Fortpflanzung der Algen und Pilze (durch sogenannte Schwärmsporen) thätig sind. Man kann dieselben daher bei der Entstehung sämmtlicher Keimzellen der Kryptogamen und Phanerogamen, der Schwärmsporen der Algen und Pilze, der Schwärmfadenzellen und Sporenzellen der höheren Kryptogamen, der Pollenzellen der Phanerogamen verfolgen. Im Embryosacke der letzteren erscheinen sie ebenfalls als Grundlage des Endosperms, jedoch nur in bestimmten Familien, wozu die Liliaceen, Irideen, Primulaceen, Violaceen, Onagrarieen *), Compositen, Dipsaceen u. a. gehören.

Es lassen sich zwei wesentlich verschiedene Modificationen der freien Zellenbildung unterscheiden, indem entweder im Innern der Mutterzelle eine oder mehrere freie Zellen entstehen, während der nicht verbrauchte Inhalt, sowie das ganze Leben der ersteren vorerst nicht gestört werden, oder indem eine oder mehrere Tochterzellen den ganzen Inhalt der Mutterzelle verbrauchen, deren eigenthümliches Leben dann erlischt, während ihre Zellstoffhülle noch längere Zeit als schützende Hülle der Tochterzellen fortbesteht und erst später aufgelöst wird.

Erste Art der freien Zellenbildung.

Zellenbildung im Embryosacke. — Die erstere Modification tritt nur in dem Embryosacke der Phanerogamen auf und lässt sich daselbst der Vorgang am leichtesten und vollständigsten verfolgen. Als die geeignetsten Pflanzen zu deren Studium möchten sich die Liliaceen empfehlen, weil bei ihnen die eben befruchtete Samenknospe schon eine solche Grösse erreicht hat, dass sie sich leicht zur Beobachtung herrichten lässt. Man nimmt am besten eine nicht zu zarte Mittellamelle

*) In meiner Zellenbildung (Leipzig 1858), ebenso in meiner populären Botanik (Essen 1858 und 1861) hat sich in Folge einer falschen Bezeichnung der betreffenden Originalzeichnungen ein Fehler eingeschlichen, auf den ich erst später bei erneuten Untersuchungen aufmerksam wurde. Die Figuren 18 bis 26 der Tafel I. gehören nämlich nicht Pedicularis palustris, sondern Epilobium roseum an.

aus der letzteren, so dass der Embryosack nach oben und unten unverletzt bleibt, und sucht für den Fall, dass das Präparat nicht eine vollständig klare Anschauung gewährt, denselben unter dem einfachen Mikroskop von den Knospenintegumenten zu befreien. Als Untersuchungsflüssigkeit darf man nicht Wasser anwenden, weil dasselbe auf die jugendlichen Entwickelungszustände störend einwirkt. Eine schwache Gummilösung (1 Thl. Gummi auf 100 Thle. Wasser), das Jodserum, oder eine Mischung von Eiweiss und Wasser (s. Bd. I., S. 271) thut dagegen sehr gute Dienste.

In dem Protoplasma, welches einen mehr oder minder starken Wandbelag des Embryosackes bildet, trifft man in der Regel alle möglichen Entwickelungszustände der werdenden Zellen an (Fig. XIV.).

Das Entstehen des Zellkernes selbst lässt sich nicht mit voller Sicherheit beobachten, obwohl man hier und da kleinen Kernen ähnliche stark lichtbrechende Körperchen sieht, welche von einer höchst feinkörnigen Protoplasmamasse umgeben sind. Dagegen trifft man immer schon ausgebildete kleinere und grössere freie Zellenkerne, die das Kernkörperchen und ein deutliches Häutchen erkennen lassen (Fig. XIV, *k*, *k*).

Um einzelne dieser letzteren sieht man dichtere Protoplasmamassen angehäuft, die einer scharfen Umgrenzung noch ermangeln, während bei anderen die zarte Membran der jungen Zelle schon deutlich hervortritt, obwohl sie äusserst zart gezeichnet erscheint (Fig. XIV. *a*, *a*). Weiter fortgeschrittene Entwickelungszustände zeichnen sich dadurch aus, dass sie bei einem grösseren Umfange das Protoplasma vorzugsweise in der Nähe des Kernes und als Wandbelag der jungen Membran geordnet erkennen lassen, während der übrige Raum der Zelle von nur einer oder seltener auch von mehreren, mit Zellsaft erfüllten Vaccuolen eingenommen wird (Fig. XIV. *b*). Andere der freien Zellen endlich, in denen dann auch immer die Binnenströmchen des Protoplasma wahrnehmbar sind, haben bereits eine doppelte Contour erhalten und über ihrer Membran die primäre Zellstoffhülle abgeschieden (Fig. XIV. *c* u. *d*).

Wendet man auf derartige Präparate ein endosmotisches Reagens, etwa schwache Zuckerlösung an, so ziehen sich die nur von der ursprünglichen Membran umkleideten Zellen im Ganzen zusammen, während bei den mit der Zellstoffhülle versehenen sich Inhalt und Zellhaut von ersterer zurückziehen und sie als doppelt umschriebenes Säckchen erkennen lassen. Schwache Jodlösung wirkt ähnlich, färbt aber den stickstoffhaltigen Inhalt und die ursprüngliche Membran hochgelb. Chlorzinkjodlösung wirkt auf die ganz jungen Zellen etwas heftig ein, gibt aber bei der Zellstoffhülle Reaction auf Zellstoff.

Zweite Art der freien Zellenbildung.

Bei der zweiten Modification der freien Zellenbildung entstehen in je einer Mutterzelle nur eine einzige oder mehrere Tochterzellen.

Ersteres findet statt bei der Bildung der Keimzellen der höheren Kryptogamen in der Centralzelle des Bauchtheiles der Archegonien, ferner bei der Entstehung der ruhenden Sporen mancher Algen, z. B. der Oedogonien, Bulbochaeten, Spirogyren, der Vierlingssporen in den sporenbildenden Zellen der Moose, Farren, Equiseten, endlich bei der Entstehung der Schwärmfadenzellchen der höheren Kryptogamen und des Pollenkornes in den pollenbildenden Zellen der Phanerogamen.

Entstehung der Keimzelle der Moose u. s. w. — Am besten geeignet zum Studium der ersteren Zellenbildungsweise ist die Entstehung der Keimzelle der Moose und Farrenkräuter, bei denen man die einzelnen Entwickelungsstufen am vollständigsten zu verfolgen im Stande ist. Im Allgemeinen dürften sich unter diesen Pflanzen wiederum die Lebermoose am meisten empfehlen, weil der Bauchtheil des Archegoniums nur von einer einzigen Zellenlage gebildet wird, so dass man nicht selten ohne alle weitere Präparation, als einen geeigneten Schnitt durch den Fruchtstand schon ganz passende Präparate erhält.

Als Beispiel der Entwickelungsgeschichte wähle ich die überall anzutreffende Marchantia. Dieselbe blüht vom Mai an während der folgenden Monate Juni und Juli, und es sind die blühenden Exemplare leicht an ihren deutlich hervortretenden pilzartigen Fruchtköpfchen und Antheridienscheibchen zu erkennen.

Nimmt man aus dem jungen, eben sich über das Laub erhebenden gestrahlten Fruchtknopf des genannten Lebermooses eine nicht zu dünne Mittellamelle, so trifft man in derselben in der Regel eine Reihe verschiedener Entwickelungszustände der Archegonien, von denen im glücklichen Falle einzelne derart von dem Schnitte getroffen wurden, dass die Centralzelle des Bauchtheiles blossgelegt erscheint und einen ganz vortrefflichen Einblick in die Entwickelung der Keimzelle gestattet. In dem am Bauchtheile etwas angeschwollenen Archegonium findet man die Centralzelle bald mit einem kleineren Zellenkerne, bald ohne einen solchen, bald mit einem grösseren, in Form eines helleren Bläschens erscheinenden Zellenkerne, welcher sich nach dem Untergange des älteren, kleineren der Centralzelle frei in und aus deren Inhalt gebildet hat. Der erste Anfang der Tochterzellenbildung bekundet sich durch eine stärkere, in der Nähe dieses Kernes stattfindende Ansammlung des körnigen Protoplasmas, die gegen den übrigen Inhalt der Mutterzelle scharf umgrenzt ers^heint (Fig. XV. *a*). Während nun die Mutterzelle sich noch immer vergrössert und den Bauchtheil des Archegoniums ausdehnt, wächst auch die junge Keimzelle, die nur von der ursprünglichen Membran (dem Primordialschlauche) umkleidet ist, ziemlich rasch an, so dass sie nach und nach einen immer grösseren Theil der Mutterzelle einnimmt und diese endlich ganz ausfüllt, während ihr Inhalt vollständig von der ersteren verbraucht wird (Fig. XV. *b* bis *d*). Bleibt das Archegonium unbefruchtet, so wird die Keimzelle in der Art verändert, dass sich ihr Inhalt nach und nach braun färbt und

die Membran verschwindet, wonach in der Centralzelle nur ein mehr oder minder kugliger Klumpen einer braunkörnigen Masse zurückbleibt.

Tritt dagegen Befruchtung ein, was man schon an der Resorption des nach dem Halstheile des Archegoniums gewendeten Theile der Mutterzellhülle erkennt, so umkleidet sich die Keimzelle, während in deren Inhalt die Bildung grösserer Vaccuolen und die Entstehung feiner zwischen dem Kerne und dem protoplasmatischen Wandbelage verlaufender Binnenströmchen stattfindet, mit einer doppelt umschriebenen Zellstoffhülle (Fig. XV. *c*). Die in der Keimzelle nun weiter fortgehenden Entwickelungsprocesse gehören der Fruchtbildung an und haben uns erst dort zu beschäftigen.

Entstehung der Vierlingssporen und Pollenkörner. — Die Entstehung der Vierlingssporen der höheren Kryptogamen, sowie der Pollenkörner der Phanerogamen lässt sich nicht in ihrem ganzen Umfange verfolgen. Es erscheint indessen der Vorgang insoweit von dem vorhergehenden verschieden, als dabei die Zellhaut, d. h. die ursprüngliche Membran, sich um den ganzen Inhalt der Mutterzelle bildet. Es ist mir wenigstens niemals gelungen, in dem Inhalte der pollenbildenden Zellen kleinere Tochterzellen aufzufinden. Dass aber aus dem Inhalte jener sich freie Zellen bilden, dass die Pollenkörner also nicht durch Theilung entstanden und ihre Zellstoffhüllen nicht etwa die jüngsten Schichten der sogenannten Specialmutterzellen vorstellen, wie manche Autoren (Schacht u. A.) wollen, beweist der Umstand, dass auf einer gewissen Altersstufe die ursprüngliche Membran (der Primordialschlauch) der Mutterzelle verschwunden und später deren Inhalt von einer solchen umkleidet ist, welche mit der Zellstoffhülle nicht in unmittelbarer Berührung steht. Auf dieser Entwickelungsstufe treten die jungen Pollenzellen dann auch in Folge von Druck u. s. w. aus der gesprengten Mutterzelle hervor und erscheinen von einer scharf contourirten stickstoffhaltigen Membran umgrenzt, welche sich auf Anwendung von Zuckerwasser, Jod und dergleichen zusammenzieht (Fig. I, I.).

Um diese Membran der Tochterzelle lagert sich dann die junge primäre Zellstoffhülle des Pollenkornes ab (Fig. II. I), welche, wie oben berührt, von manchen Forschern, die sich mit der Zellenbildung beschäftigt haben — denn die Ansicht solcher, welche sich mit den betreffenden Untersuchungen nicht selbst eingehender befassten, kann nirgend maassgebend sein — als eine Verdickungsschicht der Pollenmutterzelle aufgefasst wird, was offenbar auf einer irrthümlichen Auffassung der Entwickelungsgeschichte beruht.

In gleicher Weise, d. h. so, dass sich die Membran um den ganzen Inhalt der Mutterzelle bildet, geht die Entstehung der Vierlingssporen der höheren Kryptogamen in den Mutterzellen, d. h. in den sporenbildenden Zellen vor sich und erfolgt die Bildung der ruhenden und

Schwärmsporen der Oedogonien, Bulbochaeten, Vaucherien und anderer Fadenalgen.

In Bezug auf die Entstehung derjenigen Ruhesporen der Algen (Spirogyren, Zygnemen, Desmidieen, Diatomeen), wobei sich die Inhaltsportionen zweier Zellen zur Bildung einer Tochterzelle vereinigen, verweise ich auf den späteren Abschnitt über die Entwickelung der Fruchtorgane.

Entstehung der ruhenden Sporen der Pilze und Flechten, der Schwärmsporen von Pilzen und Algen. — Als mehrere freie Tochterzellen, welche den Gesammtinhalt der Mutterzelle zu ihrer Entwickelung verbrauchen, entstehen in den Sporangien mancher Pilze (Tuber, Peziza, Sphaeria, Saprolegnia etc.) und der Flechten die ruhenden Sporen dieser Gewächse. Ebenso gehört hierher die Schwärmsporenbildung mancher Fadenalgen (Ulothrix) und Pilze (Peronospora, Saprolegnia).

Bei der Entwickelung erstgenannter Zellenart entstehen nach dem Untergange des Kernes der Mutterzelle zunächst so viele Zellenkerne, als sich Tochterzellen entwickeln werden (Fig. XVI. *b*). Um diese sammeln sich dichtere Mengen des Protoplasmas (Fig. XVI. *c* bis *f*), die sich mit der ursprünglichen Membran umkleiden und über dieser ihre Zellstoffhülle ablagern (Fig. XVI. *g*). Bei den Ruhesporen der Pilze ist nach neueren Beobachtungen zur Entstehung der Zellstoffhülle, wie bei den Keimzellen der höheren Pflanze, eine vorgängige Befruchtung erforderlich. Es ist indessen hier noch ein weites Feld der Forschung offen und harren noch manche Pilzgattungen der näheren Erforschung der hierbei betheiligten männlichen Organe und weiteren Processe.

Bei der genannten Schwärmsporenbildung, welche von einzelnen Forschern (De Bary) in Folge ihrer Ansicht von dem Wesen der Zelle, aber sicher ohne hinreichende, auf der Entwickelungsgeschichte fussende Gründe, zu der Zellenbildung durch Theilung (ohne Scheidewandbildung!) gezählt wird, entstehen aus dem Gesammtinhalte der Mutterzelle sofort in ihrer vollen Grösse auftretende Tochterzellen in bestimmter (2 bis 16) oder unbestimmter Anzahl.

Die erste sichtbare Einleitung zu dem Zellenbildungsprocesse besteht hier (Ulothrix) in einer Veränderung des Protoplasmas, in welchem die grösseren geformten Bestandtheile (Fig. XVII, I.) verschwinden, so dass es eine mehr gleichartige feinkörnige Beschaffenheit annimmt (Fig. XVII, II. *a*). Ein zweites Stadium lässt dann eben so viele kleine Zellenkerne oder diesen ähnliche, sich als kleine glänzende Körperchen darstellende Anziehungsmittelpunkte erkennen (Fig. XVII, II. *b*), um welche sich alsbald im letzten Stadium die Zellen durch Bildung ihrer Haut consolidiren (Fig. XVII, II. *c* bis *e*).

Schleiden: Beiträge zur Phytogonesis. Müller's Archiv. 1838 und Beiträge zur Botanik.

Nägeli: Zellenbildung und Zellenwachsthum bei den Pflanzen. 4. Freie Zellenbildung. Schleiden's und Nägeli's Zeitschrift. Heft 3 und 4. 1846.

Hofmeister: Die Entstehung des Embryo der Phanerogamen. Leipzig 1849.

Schacht: Die Entstehung des Pflanzenembryo. Amsterdam 1850.

Alex. Braun: Betrachtungen über die Erscheinung der Verjüngung in der Natur. Leipzig 1851.

Hofmeister: Vergleichende Untersuchungen der Keimung u. s. w. der höheren Kryptogamen. Leipzig 1851.

Schacht: Die Pflanzenzelle. Berlin 1852.

Hofmeister: Beiträge zur Kenntniss der Gefässkryptogamen. Abhandl. d. Königl. Sächsischen Gesellschaft 1852 und 1857.

Pringsheim: Untersuchungen über Bau und Bildung der Pflanzenzelle. Berlin 1854.

Schacht: Lehrbuch der Anatomie und Physiologie. Berlin 1855 und 1859.

Hofmeister: Neue Beiträge zur Kenntniss der Embryobildung der Phanerogamen. Abhandl. d. Kgl. Sächs. Ges. 1859 und 1861.

Pringsheim: Zur Morphologie der Salvinia natans. Jahrbücher. Bd. III, Heft. 3. 1863.

Schacht: Die Blüthe und Befruchtung von Santalum album. Pringsheim's Jahrbücher. Bd. IV, Heft 1. 1864.

J. Hanstein: Die Befruchtung und Entwickelung der Gattung Marsilea. Pringsheim's Jahrbücher. Bd. IV, Heft 2. 1865.

De Bary: Morphologie und Physiologie der Pilze u. s. w. in Hofmeister's Handbuch der physiologischen Botanik. Bd. II. Abtheil. I. 1866.

2. Zellenbildung durch Theilung.

Arten und Verbreitung der Zelltheilung. — Die Zellenbildung durch Theilung, welche sich dadurch charakterisirt, dass der Inhalt der Mutterzelle durch Einschnürung der Zellhaut in so viel Theile zerfällt, als Tochterzellen entstehen, bietet ebenfalls zwei Typen dar. Bei dem einen geht zuerst die vollständige Theilung der lebendigen Zelle, d. h. der Zellhaut und des Inhaltes vor sich, und es wird über den so entstandenen Tochterzellen die Zellstoffhülle simultan abgeschieden; bei dem anderen dagegen findet während der fortschreitenden Einschnürung der Mutterzellhaut die Abscheidung der Tochterzellhülle successiv statt.

Der erste Typus zeigt, soweit bekannt, immer nur eine Zweitheilung, während der letztere sowohl eine Zwei- als Viertheilung beobachten lässt.

Die Zweitheilung mit successiver Hüllenbildung um zwei Tochterzellen tritt am schönsten bei der Zellenbildung der Fadenalgen und den mehrzelligen Haaren der Phanerogamen auf, während die Entstehung von vier Tochterzellen bei der Bildung der Schwärmfadenmutterzellen, der Sporenmutterzellen und der Pollenmutterzellen zu verfolgen ist.

Zelltheilung mit simultaner Abscheidung der Zellhülle.

Die Zelltheilung mit simultaner Zellhüllabscheidung lässt sich namentlich bei den höheren Gewächsen in dem Parenchym des Vegetationskegels und in dem Fortbildungsgewebe, sodann bei der weiteren Ausbildung des Sameneiweisses der Phanerogamen beobachten. Die Vorgänge werden jedoch in diesen Geweben durch deren trüben Inhalt in der Regel

mehr oder minder verdeckt, so dass die Beobachtung immer ziemlich erschwert ist. Am leichtesten gelangt man bei den Holzpflanzen und namentlich bei dem weitzelligen Wurzelholze der Nadelhölzer, sowie bei der Zelltheilung im jugendlichen Sameneiweisse zum Ziele.

Zelltheilung im Fortbildungsgewebe (Cambium). — Fertigt man im Anfange des Sommers zur Zeit, wenn die Neubildung in den Wurzeln beginnt (die hier immer später auftritt, als in dem Stamme und den Aesten), zarte Querschnitte durch dies Organ der gemeinen Kiefer, so wird man den verschiedenen Stufen der Zelltheilung begegnen. Deutlicher treten die verschiedenen Entwickelungszustände hervor, wenn auf das Präparat irgend eines der endosmotischen Reagentien eingewirkt hat, und man erkennt dieselben leicht in der Reihenfolge, wie sie in der Fig. XVIII, I. dargestellt sind.

Die Theilung wird stets eingeleitet durch eine etwa in der Mitte des radialen Durchmessers auftretende Einfaltung der ursprünglichen Membran, die indessen hier oft so unbedeutend ist, dass sie bei den unverletzten Zellen nicht oder kaum erkannt wird. Die Abscheidung der cambialen (nicht aus Zellstoff bestehenden) Wandung erfolgt zugleich über die ganze ursprüngliche Membran, deren Abschnürung so rasch vor sich geht, dass es leicht den Anschein gewinnen kann, als ob die Theilung von ersterer ausginge. Die Mutterzelle wird nach Abscheidung der cambialen Hüllen rasch resorbirt und es tritt, während diese mit einander verschmelzen und zur Zwischensubstanz (Intercellularsubstanz) werden, die Ablagerung der primären Zellstoffhülle ein, der die Verdickungsschichten während der noch fortdauernden Ausdehnung rasch folgen, so dass schon die nicht gar zu weit von dem eigentlichen Bildungsheerde entfernten Zellen bald ihre volle Ausbildung erreichen (vergleiche auch die Figuren XXXIII, I. und II. nebst Erklärung).

Bei den Laubhölzern geht die Zellvermehrung ganz in derselben Weise vor sich, und es sondern sich die Gefässzellen durch eine rasch fortschreitende Ausdehnung bis zu ihrer normalen Grösse schon sehr früh von denen des übrigen Gewebes.

Zelltheilung im Sameneiweisse. — Die Zelltheilung im Sameneiweisse lässt immer als einleitendes Moment Theilung des Zellkernes beobachten, worauf dann, während die beiden Tochterkerne noch fest aneinander liegen, die Einschnürung der Zellhaut (Fig. XVIII, II. *b* u. *d*) und die Abscheidung der Zellhülle erfolgt. Hierauf erst rücken die jungen Zellkerne rasch auseinander und nehmen ihren Platz etwa in der Mitte der Tochterzellen (Fig. XVIII, II. *c*).

Zelltheilung mit succedaner Abscheidung der Zellhülle.

Zweitheilung. — Die Zweitheilung des zweiten Typus lässt sich am sichersten bei den fadenförmigen Algen studiren und kann man bei denselben das Fortschreiten in der Entwickelung der Tochterzellen unter

den Augen vor sich gehen sehen, wenn man dafür Sorge trägt, dass das Wasser auf dem Objectträger, so wie es nach und nach verdunstet, fortwährend ersetzt wird.

Zelltheilung von Cladophora. — Eines der geeignetsten Objecte bietet die Cladophora glomerata dar, welche fast in jedem kleineren fliessenden Gewässer unseres Vaterlandes aufzufinden ist.

Bringt man einen kleinen Theil der grünen Rasen dieser Fadenalge unter das Mikroskop, so werden, namentlich in der Morgenstunde, und wenn man die Endzellen der Aeste genauer untersucht, bald die entsprechenden Theilungszustände aufzufinden sein. Schon auf den ersten Blick zeichnen sich die in Theilung begriffenen oder der Theilung nahen Zellen dadurch aus, dass sie die tiefer gelegenen etwa um das Doppelte ihrer Länge übertreffen. Der Beginn der Theilung verräth sich durch zwei mehr oder weniger nahe der Mitte gelegene helle Stellen der auf den Rand eingestellten Zelle (Fig. XIX. *a*), welche durch eine im Umkreise derselben stattfindende Ansammlung farblosen Protoplasmas veranlasst werden. Die an dieser Stelle stärker ernährte Membran (Primordialschlauch) der Mutterzelle faltet sich hierauf ringförmig ein, und schnürt, nach und nach in ihrer Einfaltung weiter vordringend, deren Inhalt in zwei den beiden Tochterzellen angehörende Hälften ab (Fig. XIX. *b* bis *e*). Am deutlichsten tritt diese Einfaltung bei langsam vegetirenden (im Zimmer cultivirten) Pflanzen hervor, weniger bemerklich und leicht übersehbar tritt sie dagegen bei ihrem Standort frisch entnommenen, rasch wachsenden Exemplaren auf. Schon kurz nach oder im letzten Falle fast augenblicklich nach dem Beginn der Einfaltung der Membran beginnt die Abscheidung der Zellstoffhülle und schreitet mit der Einfaltung jener continuirlich fort, so dass kurz nach oder mit deren vollendeter Theilung die entstandenen Tochterzellen auch schon ihre zarte, gegen Reagentien noch höchst empfindliche und durch deren Einwirkung sich contrahirende Zellstoffhülle besitzen, welche in der Folge nur noch wenig verdickt wird (Fig. XIX. *f* bis *g*). Eine verkittende Zwischensubstanz, Intercellularsubstanz, tritt hier, wo die zwischen den Querwänden verlaufenden Theile der Mutterzellhüllen schon bald aufgelöst werden, nicht auf, ebensowenig verschmelzen die primären Zellstoffhüllen, so dass die beiden aneinanderstossenden Wandungen durch eine scharfe dunkele Linie getrennt werden und als eine Doppelplatte erscheinen (Fig. XIX. *h*). Um sich recht klare Bilder des Fortschreitens der Theilung zu verschaffen, ist es zu empfehlen, endosmotische Reagentien in Anwendung zu bringen, in Folge dessen sich Präparate herstellen lassen, wie sie in den Figuren XIX, *c*, *e* und *f* dargestellt sind.

Wo die Tochterzellen zusammenstossen und an die Zellstoffhülle der Mutterzelle angrenzen, da entsteht immer ein bei der Randeinstellung der betreffenden Zellen dreieckig erscheinender Intercellularraum, der um so deutlicher hervortritt, je langsamer das Wachsthum ist.

Bei sehr üppig vegetirenden Algenrasen ist dagegen die Neubildung bildungsfähigen Inhaltes an der Theilungsstelle so bedeutend, dass die ursprünglichen Membranen und jugendlichen Zellstoffhüllen nahe zusammen und an die Mutterhülle gedrängt werden und der Intercellularraum fast völlig verschwindet.

Auf solchen Zuständen, wie sie durch üppiges und rasches Wachsthum hervorgerufen werden, mag wohl der Irrthum beruhen, in den Pringsheim und sogar H. v. Mohl verfallen sind (Pringsheim, Untersuchungen über Bau und Bildung der Pflanzenzelle, Berlin 1854; H. v. Mohl., Bot. Zeitung 1855, S. 733 und flgd.), wenn sie behaupten, dass in die beginnende Einfaltung des Primordialschlauches in allen Fällen schon ein Zellstoffbalken [Zellstofffalte (Mohl)] hineinrage. Ich habe mich durch die allersorgfältigsten und umfassendsten, wiederholt erneuten Untersuchungen überzeugt, dass die Einfaltung der ursprünglichen Membran (des Primordialschlauches) immer das vorgängige Moment der Zelltheilung ist, dem die Zellstoffabscheidung, und wenn auch hie und da fast augenblicklich, als zweites Moment folgt.

Zelltheilung von Ulothrix. — In gleicher Weise wie bei Cladophora erfolgt die Zelltheilung bei den übrigen Fadenalgen. Um dabei die Betheiligung des Zellkernes zu studiren, der bei Cladophora durch den Inhalt verdeckt wird, eignen sich namentlich die Spirogyra-, Zygnema- und Ulothrix-Arten, bei denen ein deutlicher Zellkern vorhanden ist. Hier gibt sich der Beginn der Theilung stets durch die Theilung des Zellkernes der Mutterzelle kund. Sobald diese vollendet ist, beginnt die Einfaltung der ursprünglichen Membran. Bei den Spirogyren und Zygnemen folgt dieser die Abscheidung der Zellstoffhülle auf dem Fusse und da diese meist in stehenden Gewässern vorkommenden Pflanzen auch bei der Cultur im Zimmer nicht wesentlich in ihrem Wachsthum beeinträchtigt werden, so erhält man in der Regel Bilder, wie sie bei rasch vegetirenden Cladophoren auftreten. Bei Ulothrix dagegen geht (namentlich wenn man sie einige Zeit im Zimmer hält) die Einfaltung der Membran der Abscheidung der Zellstoffhülle oft bedeutend voraus, und lassen sich daher an dieser Alge die aufeinander folgenden Erscheinungen auf das Klarste erkennen, namentlich wenn man nicht versäumt, der Auffassung durch die passenden endosmotischen Reagentien, Alkohol, Zuckerwasser, schwache Chlorzinkjodlösung, zu Hilfe zu kommen. (Vergleiche Fig. XX nebst Erklärung).

Zelltheilung der Oedogonien. — Einen interessanten Fall der Zweitheilung bietet die Zellenvermehrung der Oedogonien. Dieselbe ist mannigfach missverstanden und falsch gedeutet worden, weshalb ich es nicht unangemessen finde, hier etwas näher darauf einzugehen.

Um den Zelltheilungsprocess dieser Algenfamilie richtig zu verstehen, ist es vor allem nothwendig, sich eine klare Anschauung der Mutterzellen zu verschaffen, ehe dieselben zur Theilung gelangen.

Unterwirft man je zwei ausgewählte zusammenstossende Zellen einer genauen mikroskopischen Analyse, so wird man folgenden Bau nicht zu verkennen im Stande sein. Die obere der beiden Zellen, die je nach Umständen an ihrem vorderen Ende von einer bis mehreren (8 bis 12) der bekannten Kappen bedeckt wird, erscheint von zwei Zellstoffmembranen umkleidet. Die innere stärker entwickelte (Fig. XXI *a*, z^1) bildet die Zellstoffhülle der der Beobachtung unterliegenden Zelle, die äussere oft schwierig zu erkennende, immer äusserst zarte (Fig. XXI *a*, z^2), gehört dagegen der nächstvorhergehenden Generation, d. h. der Mutterzelle an, in der sich die beiden der Beobachtung unterliegenden Zellen gebildet haben. Bei der unteren der beiden Zellen tritt noch eine dritte Hülle hinzu, welche aber nahe unter dem oberen, an die erste Zelle stossenden Ende durch eine deutliche Querlinie gerade abgeschnitten ist (Fig. XXI *a*, *s*). Wir haben in ihr die sogenannte Scheide vor uns.

Diejenigen Zellen, welche sich zur Theilung anschicken, was häufiger bei der oberen als bei der unteren der beiden in einer Mutterzelle entstandenen Tochterzellen geschieht (das durchschnittliche Verhältniss ist etwa wie 1 : 5 bis 6), sind leicht daran zu erkennen, dass unmittelbar unter der Querlinie der jüngsten Kappe eine den Inhalt der Zelle einschnürende, sich ringförmig über die Innenfläche der Zelle erstreckende Einfaltung der inneren Zellstoffhülle auftritt (Fig. XXI *a* u. *b* bei *r*). Letztere, anfangs nur schwach entwickelt, nimmt, wie sich namentlich in den frühen Morgenstunden an im Zimmer cultivirten Pflanzen leicht beobachten lässt, nach und nach an Umfang zu, bis sie die in der Figur dargestellte Form erreicht hat. Diese Ringfalte, welche von Pringsheim in völliger Verkennung der Organisationsverhältnisse als eine ringförmige Zellstoffansammlung erklärt, von Hartig, H. v. Mohl und de Bary aber für die innerste, d. h. jüngste Schicht der Zellstoffhülle der werdenden Mutterzelle angesehen worden ist, gehört, wie eine sorgfältige, mit starker Vergrösserung vorgenommene, durch Anwendung von Reagentien unterstützte Beobachtung auf das Bestimmteste zu überzeugen im Stande ist, der ganzen inneren Zellstoffhülle an. Stellt man genau auf den Rand der betreffenden Stelle ein, so sieht man je nach den einzelnen Zellindividuen oder Arten der Gattung bald mehr bald minder deutlich wie die Einfaltung nur von der zweiten, zarten Hüllschicht überspannt ist und mit jener Zelle im vollen Zusammenhange steht (Fig. XXI, *a* bis *c* bei *r*). Der Innenraum zwischen der Faltung und der äusseren Hülle ist, soweit ich mich dessen versichern konnte, leer, und rührt der eigenthümliche Glanz, welchen diese Stelle beim Betrachten von oben zeigt, von dem über und unter der genau eingestellten Fläche verlaufenden Theile einer einen hohlen Cylinder bildenden Partie der Zellstoffhülle und äusseren Hülle her. Die innere und äussere Begrenzung der Falte erscheint bei richtiger Einstellung vollkommen scharf. Auch kann man sich durch eine, wenn ich so sagen darf, Längsansicht der Zellstofffalte von deren

Innenhöhle überzeugen, obwohl hier, wie natürlich, die Grenzen der Membranflächen nicht so scharf ausgesprochen erscheinen können.

Während der Ausbildung des Faltenringes wächst der in der oberen Hälfte der werdenden Mutterzelle gelegene, wandständige Kern mehr und mehr, bis er etwa das Doppelte seiner ursprünglichen Grösse erreicht, und theilt sich hierauf in zwei Tochterzellkerne (Fig. XXI, *a* und *b*). Zur selben Zeit erscheint in gleicher Höhe mit der Theilungslinie des Zellkernes eine ringförmige Ansammlung farblosen Protoplasmas (Fig. XXI, *b*), der alsbald eine Einfaltung der Zellhaut (des Primordialschlauches) folgt (Fig. XXI, *c*), welche die Mutterzelle in zwei, eine obere kürzere und eine untere längere, Tochterzellen theilt. Noch ehe die Einschnürung der Membran vollendet ist, reisst gerade über der Einfaltung der Mutterzellstoffhülle die äussere Hülle nach und nach in der Weise auf, wie es bei den Fäden unter *c* und *d* dargestellt ist, und es dehnt sich nun die Zellstoffhülle der Mutterzelle um die Grösse der Ringfalte aus (Fig. XXI, *e*). Die untere Tochterzelle wächst nun unter gleichzeitiger Abscheidung der jungen Zellstoffhülle in die Länge und schiebt die obere vor sich her, während die Zellstoffhülle der Mutterzelle mehr und mehr ausgedehnt wird (Fig. XXI, *f*). Sobald die untere Tochterzelle bis zu dem durch das Aufreissen der äusseren Hülle entstandenen Querstreifen der Scheide herangewachsen ist, erscheint die Theilung d. h. die Abschnürung vollendet, und es hat sich die jugendliche Zellstoffhülle über der ursprünglichen Membran entwickelt, so dass nun zwei vollständige Tochterzellen vorhanden sind (Fig. XXI, *h*). Jetzt beginnt auch unter fortdauernder Abscheidung von Zellstoff die Ausdehnung der oberen Tochterzelle und dauert so lange fort, bis dieselbe etwa die Länge der unteren Tochterzelle erreicht hat. Die Zellstoffhülle der Mutterzelle, der Ausdehnung der Tochterzellen folgend, ist jetzt zu der zarten äusseren Hülle geworden und die Organisation der beiden Tochterzellen auf der Stufe angelangt, von welcher wir oben ausgegangen sind.

Die Zelltheilung der Oedogonien lässt sonach ganz und gar nichts Abnormes beobachten. Sie geht im Wesentlichen ganz in derselben Weise vor sich, wie bei den übrigen Fadenalgen. Der einzige Unterschied besteht darin, dass die Mutterzelle nicht (wie bei jenen) schon vor der Tochterzellenbildung auf fast ihre doppelte Länge heranwächst, sondern dass in Folge des an der Spitze stattfindenden Wachsthumes deren von der nicht mehr ausdehnungsfähigen älteren Hülle beschränkte Zellstoffhülle sich in der Art einfaltet, wie es bei der Tüpfelbildung stattfindet, und dass die Ausdehnung der Mutterzelle erst dann erfolgt, wenn die starre äussere Hülle durch die Gewalt des Wachsthumsprocesses gesprengt worden ist. Dass die Einfaltung der Zellstoffhülle dicht unter den Kappen stattfindet, erklärt sich höchst einfach aus dem Spitzenwachsthum und aus mechanischen Gründen. Indem die Zellstoffhülle durch die Kappenstücke fest umschlossen und inniger an die äussere Hülle gedrängt wird, muss die Einfaltung ganz natürlich gerade unter dieser

Stelle beginnen und fortschreiten, während die untere Partie der Zellstoffhülle nachschiebt. Ebenso einfach erklärt sich das Aufreissen der äusseren Hülle in gleicher Höhe mit der Einfaltungsstelle. Die Anfangsstellen der Falte, deren Ausdehnung nach Innen durch den Inhalt der oberen entstehenden Tochterzelle beschränkt wird, müssen einen Druck nach Aussen auf die gerade über ihnen verlaufende Stelle jener ausüben und dadurch das scharfe Aufreissen da bewirken, wo sie nicht mit der Zellstoffhülle selbst in Verbindung steht, sondern frei über die Einfaltung ausgespannt, somit am leichtesten verwundbar ist.

Aus dem ganzen Entwickelungsprocesse folgt ausserdem mit Evidenz, dass die Kappen nicht ringförmige Stücke sein können, sondern dass sie gleichsam übereinandergeschachtelte fingerhutförmige Theile der Hüllen sind. Schon die Beobachtung unverletzter Zellen gibt Aufklärung hierüber, die aber auf das allerbestimmteste erzielt wird, wenn man einen Faden mit Schwefelsäure behandelt, welche die Hüllen aufquellen macht und die Schichten lockert. Nur die oberste Kappe von Zellen aus der Mitte des Fadens gehört einem ringförmigen oder vielmehr röhrenförmigen Hüllstück (einer Scheide) an und wurde durch die Theilung der unteren Tochterzelle hervorgebracht, welche, wie oben erwähnt, seltener erfolgt, als die der oberen. Dass von den beiden Tochterzellen die obere mit Ausnahme ihres vorderen Endes nur in einer Hülle, die untere dagegen in der Regel nur in dieser und einer Scheide, nur da, wo eine einmalige oder wiederholte Theilung unterer Tochterzellen mit gleichzeitiger Theilung der nächst unteren vegetativen Zelle stattgefunden hat, in mehreren Scheiden steckt, folgt ebenfalls, ohne dass eine weitläufigere Auseinandersetzung nöthig wäre, aus dem ganzen Entwickelungsgange.

Viertheilung. — Die Viertheilung erfolgt in zweifacher Art. Es theilt sich nämlich entweder die Mutterzelle zuerst in zwei Tochterzellen, und jede dieser beiden wiederholt diesen Process noch einmal, oder es zerfällt die Mutterzelle sofort in vier Töchterzellen. Beide Zellbildungsprocesse stimmen in ihren Endresultaten überein, und es findet sich der erstere nur bei der Entstehung der monokotyledonen Pollenmutterzellen, während der andere bei der Bildung der Pollenmutterzellen der Dikotyledonen und der Sporenmutterzellen der höheren Kryptogamen statthat.

Entstehung der monokotyledonen Pollenmutterzellen. — Unter den Monokotyledonen eignen sich namentlich die Liliaceen zur Beobachtung der Entstehung der Pollenmutterzellen. Nimmt man einen zarten Querschnittt aus den Antheren ganz junger Blüthenknospen von irgend einer derartigen Pflanze, so wird man unter den mit unregelmässig verdickten Zellstoffhüllen versehenen Mutterzellen bald solche herausfinden, welche sich zur Theilung anschicken. Wo es der trübe Inhalt gestattet, sieht man zuerst an Stelle des Mutterzellkernes zwei Tochterzellkerne auftreten, welche durch Theilung entstanden sind. Ihnen folgt die Einschnürung der ur-

sprünglichen Membran, mit der die Abscheidung der Tochterzellstoffhüllen successive Schritt hält, so dass kurz nach Vollendung der Abschnürung der beiden Tochterzellen auch sie als zarte Membran vorhanden ist (Fig. XXII, I. und II.). In den beiden Tochterzellen wiederholt sich nun derselbe Process, indem zunächst die Entstehung zweier Tochterzellkerne erfolgt, und dann die Ein- und Abschnürung der ursprünglichen Membran sowie die Abscheidung der Zellstoffhülle eintritt (Fig. XXII, III. und IV.). Die erste Theilung findet gewöhnlich nach der Querachse der Mutterzelle, d. h. senkrecht zu der Linie, welche man sich durch die beiden stärker verdickten Stellen der Zellstoffhülle denken kann, statt, ist jedoch keineswegs ausnahmslose Regel. Die zweite Theilung zeigt hie und da insofern eine gewisse Unregelmässigkeit, als dieselbe nicht immer zur gleichen Zeit vor sich geht, und in der einen Tochterzelle oft schon die beiden pollenbildenden Zellen vollständig fertig sind, während in der andern erst die Theilung durch die beiden Tochterzellkerne angezeigt ist (Fig. XXII, III.).

Auf dieser Entwickelungsweise der Pollenmutterzellen der Monokotyledonen beruht die stets kreuzweise Lage derselben in einer Ebene, während sowohl bei den Sporenmutterzellen der höheren Kryptogamen, als bei den Pollenmutterzellen der übrigen Phanerogamen die sogenannte tetraëdrische Stellung die häufigere, die kreuzweise die seltenere ist.

Um sich von der vorgängigen Einschnürung der ursprünglichen Membran und der erst secundär erfolgenden Entwickelung der Zellstoffhülle zu überzeugen, braucht man nur auf die allerjüngsten Theilungszustände verdünnte Zucker-, Salz- oder Jodlösung einwirken zu lassen. Man wird hierauf finden, dass in den ersten Entwickelungsstadien stets nur der Inhalt sammt der ihn mehr oder minder einschnürenden ursprünglichen Membran, in Theilung begriffen sind, während die Zellstoffhülle in dem ganzen Innenraum glatt verläuft und keine Spur einer Scheidewandbildung zeigt. Erst wenn die Einfaltung der ursprünglichen Membran etwas weiter fortgeschritten ist, erkennt man an der Innenseite der Mutterzellstoffhülle die neu abgeschiedene Zellstoffhülle der Tochterzellen, die je nach dem Alter der Entwickelungszustände ihrer Vollendung mehr oder minder nahe steht, so dass die mittelst Einwirkung der wasserentziehenden Reagentien sammt der ursprünglichen Membran zusammengefallene Inhaltspartieen der beiden entstehenden Zellen durch einen mehr oder minder starken Verbindungsstrang miteinander vereinigt bleiben.

Um sich eine möglichst lückenlose Reihe von Entwickelungszuständen zu verschaffen, muss man successiv von den jüngeren, höher stehenden Blüthenknospen zu den älteren, tiefer stehenden fortschreiten, da in den Antheren einer und derselben Blüthenknospe sich höchstens immer nur eine oder einige Entwickelungsstufen finden.

Entstehung der dikotyledonen Pollenmutterzellen. — Zum Studium der simultanen Viertheilung, woraus die Pollenmutterzellen hervorgehen, wähle man vorzugsweise Pflanzen mit möglichst grossen Antheren und solchen Blüthenständen (Strauss, Aehre oder Traube), welche die Untersuchung möglichst erleichtern und zu jeder Zeit verschiedenalterige Blüthenknospen darbieten. Besonders empfehlenswerth sind nach meinen eigenen Erfahrungen Cucurbita pepo, die verschiedenen Malven- und Stockrosen-Arten (Malva und Althaea), die Weidenröschen-, die Nachtkerzen-, endlich die grösseren Convolvulus- und Calystegia-Arten etc.

Ich wähle zur Darlegung der Entwickelungsgeschichte seiner allgemeinen Verbreitung halber den gemeinen Kürbis (Cucurbita pepo).

Die primären Zellstoffwandungen der jugendlichen, noch nicht stark verdickten Mutterzellen sind hier (wie auch bei Althaea rosea, Convolvulus altheoides etc.) mit eigenthümlichen haarähnlichen Erhebungen versehen, die nach und nach, so wie die Verdickung der Zellstoffhülle weiter schreitet, verschwinden. Jede der Mutterzellen besitzt einen deutlichen, etwa deren Mitte einnehmenden Zellkern. Derselbe theilt sich zur Zeit, wenn die Ablagerung der secundären Verdickungsschichten vollendet ist, in zwei Tochterkerne, die auseinanderrücken und eine wiederholte Zweitheilung eingehen, so dass sich nun in der Mutterzelle vier freie Zellkerne befinden, welche entweder in einer Ebene liegen, oder wie die später entstehenden pollenbildenden Zellen eine tetraëdrische Lage einnehmen (Fig. XXIII, *a*). Bald nachdem sich die secundären Kerne getheilt haben, tritt die Einfaltung der ursprünglichen Zellmembran ein, und es erscheint der Inhalt in vier Portionen eingeschnürt (Fig. XXIII, *a*). Anwendung wasserentziehender Reagentien macht dieses Verhältniss noch deutlicher, und lässt zugleich erkennen, dass auf dieser Stufe durchaus noch keine aus Zellstoff gebildeten Scheidewandanfänge vorhanden sind (Fig. XXIII, *b*). An der unverletzten Zelle erscheinen die Einschnürungsstellen nur durch eine zarte einfache Linie begrenzt, und ebenso bildet die innere Grenze der stark und schichtenweise verdickten Zellstoffhülle nur eine scharfe Linie, welche über jene Stellen wegläuft. In etwas älteren Entwickelungszuständen erscheint an der Innenseite der Mutterzellstoffhülle eine doppelte Contour, die sich von beiden Seiten her in die Einschnürungsstelle hineinzieht und dort keilförmig endet. Zugleich tritt in der Mitte der Mutterzelle die Stelle deutlicher hervor, in der die Tochterzellen abgerundet zusammenstossen (Fig. XXIII, *c*). Wasserentziehende Reagentien ziehen jetzt den Inhalt sammt der ursprünglichen Membran zusammen, und machen die Anfänge der jugendlichen Zellstoffhülle hervortreten, die nach Innen hin noch unvollendet einen runden Raum offen lassen, durch welchen die noch nicht vollständig abgeschnürten Tochterzellen miteinander in Verbindung stehen (Fig. XXIII, *d*). Die Zellstoffhülle schreitet nun in ihrer Vollendung nach Innen mit der weiter dringenden Abschnürung der Tochterzellen weiter fort (Fig. XXIII, *e*) und verdickt sich zugleich an den älteren

Stellen, so dass derartige Entwickelungszustände Bilder gewähren, wie die Fig. XXIII, *f*, wo die Abscheidung vollendet und der Mutterzellraum von vier fertigen Tochterzellen eingenommen erscheint.

Entstehung der Sporenmutterzellen höherer Kryptogamen. — Unter den höheren Kryptogamen eignen sich namentlich die Leber- und Laubmoose zum Studium der Entstehung der Sporenmutterzellen, und muss man unter diesen wieder solche wählen, welche grosse Sporen haben, wozu namentlich die Gattungen Anthoceros, Fegatella, Frullania, Pellia, Blasia, Phascum, Gymnostemum und Funaria gehören. Längsschnitte durch die junge Kapsel führen hier am besten zum Ziele, und kann man die Mutterzellen erforderlichen Falles mittelst der Nadel unter dem Präparirmikroskope isoliren. Anthoceros laevis oder punctatus liefern insofern ein sehr bequemes Material, als man in ein und derselben Kapsel, wo die Entwickelung von der Spitze aus nach dem Grunde fortschreitet, oft alle Entwickelungszustände antrifft, welche man braucht.

Die Entwickelung verläuft hier ganz in derselben Weise, wie bei den Pollenmutterzellen. Es wird dieselbe daher keiner weitläufigen Erörterung bedürfen und begnüge ich mich zum Anhaltspunkte für die einschlägigen Untersuchungen den Anfänger auf die beigegebene Entwickelungsgeschichte der Sporenmutterzellen von Fegatella conica (Fig. XXIV) nebst der Figurenerklärung zu verweisen.

Pellia bildet hier eine ähnliche Ausnahme von der Regel, wie Oedogonium bei der vegetativen Zellenbildung der Algen. Doch ist die Abweichung eine bedeutendere. Die anfangs nahezu kugelförmigen Mutterzellen (Fig. XXV, *a*) verlieren diese Form, sobald sich die vier Tochterzellkerne gebildet haben, über deren Entstehung des trüben chlorophyllhaltigen Inhaltes halber nichts Bestimmtes zu ermitteln ist. Je nachdem sich diese tetraëdrisch oder kreuzweise gelagert haben, entstehen in dem Zellenumfange vier Ausbauchungen, welche sich entweder nahezu in einer Ebene oder in verschiedenen Ebenen liegend darstellen (Fig. XXV, *b*). In jeder dieser Ausbuchtungen liegt ein schwer sichtbarer Zellkern. Die Ausbuchtungen erheben sich durch fortwährende Ausdehnung der Mutterzellstoffhülle mehr und mehr nach Aussen und nehmen dabei eine eiförmige Gestalt an, so dass die Mutterzelle wie aus vier eiförmigen Zellen zusammengesetzt erscheint, die, von einer äusserst zarten äusseren (Mutterzellstoffhülle) und einer stärkeren inneren (Tochterzellstoffhülle) Zellstoffwand umkleidet, nach der Mitte der Mutterzelle miteinander in offener Verbindung stehen. Die ursprüngliche Membran schnürt sich nämlich nicht vollständig ab, sondern lässt eine in das Centrum mündende runde Oeffnung (Fig. XXV, *c*). Der körnige, chlorophyllhaltige Inhalt hat sich auf dieser Entwickelungsstufe ganz in die vier Ausstülpungen (Tochterzellen) zurückgezogen, und die Mitte der Mutterzelle bleibt von einer wasserklaren Flüssigkeit erfüllt. Gelingt es nach der Anwendung von Jodlösung die Zellstoffhülle einer der Mutterzellen zu

sprengen, so tritt die ursprüngliche Membran mit dem Inhalte heraus, und man erkennt auf das Bestimmteste, dass die vier Tochterzellen miteinander im vollständigen Zusammenhange stehen, etwa so, wie bei den noch nicht vollständig abgeschlossenen Theilungszuständen der Pollenmutterzellen. Die Veränderungen in der Zellstoffhülle beruhen auf dieser Entwickelungsstufe in einer allmäligen Auflösung der Mutterzellhülle und einer vermehrten Abscheidung von Zellstoff an der Stelle der Tochterzellhüllen, wo sie in das Centrum der Mutterzellen hineinragen, so dass diese hier weit stärker verdickt werden, als an den nach dem Umfang hin liegenden Theilen. Zu dieser Zeit entleert sich der innere Raum vollständig von seinem Inhalte, und es erscheinen die vier Tochterzellen von demselben durch eine zarte Grenzlinie abgeschlossen (Fig. XXV, *d*).

Wendet man jetzt ein wasserentziehendes Reagens an, so zieht sich nicht mehr die Gesammtheit der vier Tochterzellen, sondern jede einzelne dieser letzteren für sich in ihrer Zellstoffausstülpung zusammen.

Die Zellhaut (der Primordialschlauch) der Mutterzelle ist nunmehr verschwunden, und in jeder der unvollständigen Tochterzellen ist durch freie Zellenbildung um den ganzen Inhalt eine neue Tochterzelle, die junge Spore, entstanden, welche sich rasch mit einer doppelt umgrenzten Zellstoffhülle umgibt (Fig. XXV, *e*) und später durch theilweise Resorption der Zellstoffwand der Sporenmutterzelle frei wird. Von den letzteren bleiben nur die centralen, stark verdickten Stellen noch längere Zeit bestehen und stellen sich dem Beobachter in der in Fig. XXV, *f* wiedergegebenen Form dar.

Eine Viertheilung in Reihenform ist als Regel meines Wissens bis jetzt nur von Schacht bei den sogenannten Vierlingsfrüchten der Corallina- und Melobesia-Arten beobachtet. Sie tritt indessen auch hie und da bei der Entstehung der Sporen- und Pollenmutterzellen als Ausnahme auf.

Zu allen Beobachtungen über Zellenbildung bei Pflanzen, welche nicht im Wasser leben, muss die Zusatzflüssigkeit mit aller Vorsicht gewählt werden (Bd. I, S. 271), damit in dem Inhalte und der Zellhaut keine solche Veränderungen eintreten, die den wahren Sachverhalt mehr oder minder verdecken. Eine für jeden einzelnen Fall passende Anweisung lässt sich indessen nicht geben, und muss die passende Wahl durch eigene Versuche geleitet werden, für welche man bei derartigen Untersuchungen überhaupt Zeit und Mühe nicht scheuen darf.

H. v. Mohl: Ueber die Vermehrung der Pflanzenzellen durch Theilung. Dissertation aus dem Jahre 1835. Deren Umarbeitung. Vermischte Schriften 1846.

Derselbe: Entwickelung der Sporen von Anthoceros laevis, Linnäa 1839, und Vermischte Schriften.

Unger: Ueber merismatische Zellenbildung u. s. w. Linnäa 1840 und Bot. Zeitung 1844.

Nägeli: Entwickelungsgeschichte der Pollenkörner. Zürich 1842.

Derselbe: Zellenbildung und Zellenwachsthum. Schleiden's und Nägeli's Zeitschrift. Heft 1. 1844.

Hofmeister: Entwickelung des Pollens. Bot. Zeitung 1848.
Wimmel: Zur Entwickelung des Pollens. Bot. Zeitung 1850.
Schacht: Entwickelung des Sporangiums und der Sporen von Anthoceros. Bot. Zeitung 1850.
Alex. Braun: Betrachtungen u. s. w.
H. v. Mohl: Die vegetabilische Zelle. Braunschweig 1850.
Hofmeister: Vergleichende Untersuchungen u. s. w. und Beiträge zur Kenntniss der Gefässkryptogamen.
Schacht: Die Pflanzenzelle. Berlin 1852.
De Bary: Ueber die Algengattungen Oedogonium und Bulbochaete. Abhandl. der Senkenbergischen, naturforschenden Gesellschaft. Frankfurt 1854.
Pringsheim: Bau und Bildung der Pflanzenzelle 1854.
Th. Hartig: Beiträge zur Entwickelungsgeschichte der Pflanzenzelle. Bot. Zeitung 1855.
H. v. Mohl: Der Primordialschlauch. Bot. Zeitung 1855.
Schacht: Lehrbuch u. s. w. 1855.
Pringsheim: Zur Morphologie und Systematik der Algen. Jahrbücher Bd. I, Heft 1. 1857.
Dippel: Beiträge zur vegetabilischen Zellenbildung. Leipzig 1858.

III. Die Umbildung der Zelle.

Die Umbildung der Zelle einfachster Gestaltung, wie wir sie im ersten Paragraphen betrachtet haben, geschieht in Folge der Ernährung und macht sich nach zwei verschiedenen Richtungen geltend, indem sie einestheils die mannigfachen Wachsthumserscheinungen u. s. w., anderntheils die chemischen und physikalischen Umwandlungen der ursprünglichen Verbindungen ihrer einzelnen Bestandtheile, namentlich aber der Zellhülle, trifft.

Die Wachsthumserscheinungen rufen zuvörderst eine Vergrösserung des ganzen Volumens sowie die Aenderung der ursprünglich sphärischen Gestalt der Zelle hervor, und machen sich demnächst als Verdickung der Zellstoffhülle geltend.

1. Grössen- und Formveränderung der Zelle.

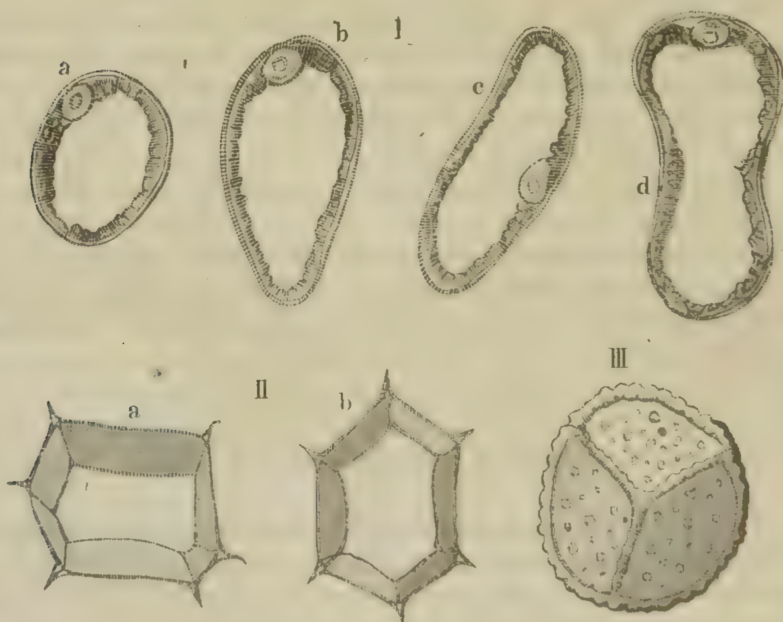
Die Pflanzenzelle, ursprünglich in ihren drei räumlichen Ausmessungen weit weniger verschieden, erlangt die später zu beobachtende Verschiedenheit erst in Folge der Vergrösserung des Volumens, an welcher sowohl die ursprüngliche Membran als die Zellstoffhülle durch ihre Ausdehnung betheiligt sind. Mit der Ausdehnung dieser letzteren Bestandtheile ist aber noch ein weiteres, für das Studium der Zelle wichtiges Moment verknüpft. Dieses besteht in der, theils durch eine mehr gleichmässige oder ungleichmässige Ernährung, theils durch den Einfluss, welchen die mit einander vereinigten Zellen auf einander üben, bedingten Wandlung der ursprünglich sphärischen Gestalt.

Aus allseitig gleichmässig oder ungleichmässig vor sich gehender Ernährung entstandene Zellenformen. — Wo die Zellen frei entstehen, oder bald nach ihrer Entstehung sich aus ihrem Verbande lösen, da behalten dieselben ihre sphärische Gestalt so ziemlich bei, sobald die Ernährung und somit die Ausdehnung nach allen Seiten gleichmässig erfolgt. Aenderung der sphärischen Gestalt in die mancherlei sphäroidischen Formen ist weniger Folge eines ungleichmässigen Wachsthums, als des für die Entwickelung gestatteten Raumes.

Die kugelförmigen Zellen sind vorzugsweise unter den Sporen der Algen, der Moose und Lebermoose, ferner unter den Pollenkörnern der Phanerogamen sowie in dem Fruchtfleische einzelner saftiger Beerenfrüchte zu suchen, wo deren Ausdehnung entweder durch die Form der Mutterzelle oder in Folge der losen Verbindung der Zellen untereinander ein freier Spielraum gelassen ist. In einer grossen Zahl der letzteren Organe finden sich neben jenen auch die mehr oder weniger abweichenden sphäroidischen Formen (Fig. 9, I. *a* bis *d*).

Frei entstandene, in Folge ihrer Vergrösserung sich nach einzelnen

Fig. 9.



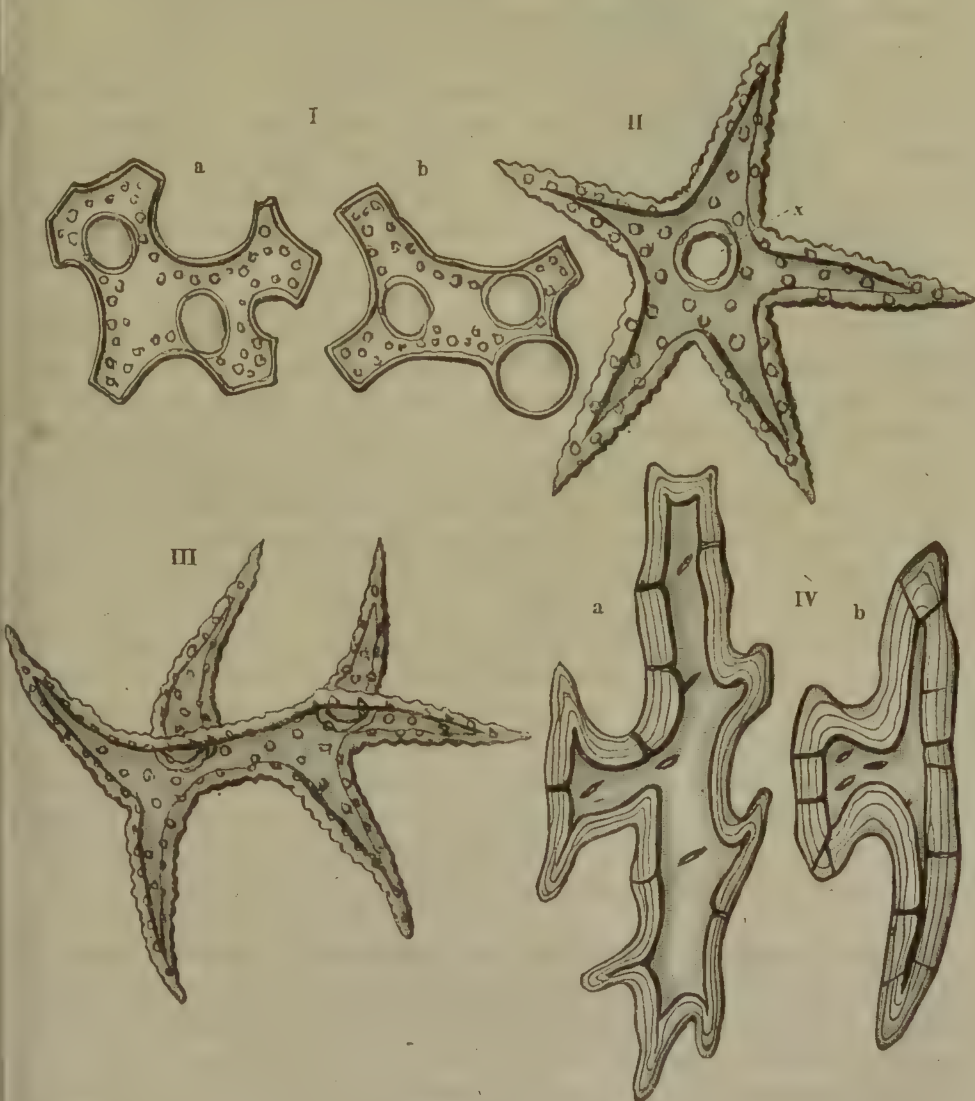
I. *a* bis *d* rundliche, elliptische und bisquitförmige Zellen aus dem Fruchtfleische der Pfirsich. — II. Polyëdrische Zelle aus dem Marke von Acacia lophanta. *a* im Querschnitt, *b* im Längsschnitt. — III. Tetraëdrische Zellen. Sporen von Anthoceros laevis. Vergrösserung von I., II. und III. 1 : 370.

Seiten des Kugelradius in ihrer Ausdehnung hemmende Zellen nehmen hier eigenthümliche, namentlich bei den Sporen der Lebermoose, Moose

und Farrnkräuter zu beobachtende Formen an, welche man als **tetraëdrische** bezeichnet und bei welchen die eine Seite von einer Kugelhaube begrenzt wird (Fig. 9, III).

Treten endlich die Zellen zu Geweben zusammen, so wandelt sich die sphärische oder sphäroidische Gestalt durch den gegen- und allseitig ausgeübten Druck in eine mehr oder minder regelmässige **polyëdrische** um (Fig. 9, II. *a* und *b*), was sehr schön in dem aus freier Zellenbil-

Fig. 10.



I. Unregelmässig buchtig-strahlige Zellen aus dem Blattgewebe von Asplenium Nidus. Vergr. 1 : 780. — II. Regelmässig strahlige Haarzelle aus der Oberhaut von Dentzia scabra, *x* durchscheinende Oeffnung des Zellengrundes. — III. Unregelmässig strahlige Haarzelle aus dem Luftgange von Nymphaea alba. Vergr. von II. u. III. 1 : 370. IV. *a* und *b* zwei verästelte Zellen aus dem Rindengewebe von Abies pectinata Vergr. 1 : 420.

dung hervorgegangenen, sich mittelst Zelltheilung weiter entwickelnden Albumen der Samen, in dem aus dem Urparenchym eben entstandenen in Ausbildung begriffenen Marke vieler Dicotyledonen, in den Wurzelknollen der Kartoffel und anderer ähnlicher Gewächse beobachtet und durch zarte Quer- und Längsschnitte zur Anschauung gebracht werden kann.

Wo die Ernährung zwar nach allen drei Ausmessungen, nicht aber gleichmässig über die ganze Oberfläche vor sich geht, da entstehen jene Formen, die man in den sogenannten (einzelligen) Sternhaaren z. B. der Dentzia scabra findet und als strahlenförmige bezeichnet (Fig. 10, II.). Eine mehr unregelmässige Ernährung bringt endlich jene unregelmässig buchtigen und strahligen, dann die wunderlich verzweigten Formen der Zellen hervor, wie sie sich in dem Parenchym der Blätter, in den in die Luftgänge der Nymphae hineinreichenden Haarzellen, sodann in der Rinde und dem Baste der Auracarien und der Weisstanne finden (Fig. 10, I., III. und IV).

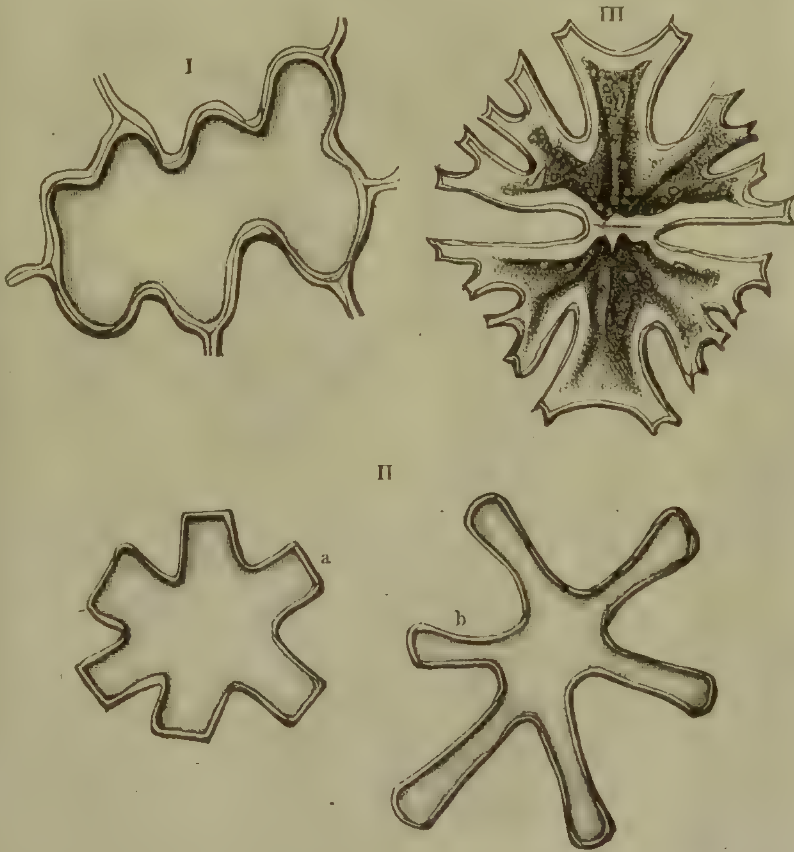
Aus nach zwei Dimensionen vorwaltender Ernährung hervorgegangenen Zellenformen. — Waltet die Ernährung nur nach zwei Ausmessungen vor, während sie nach der dritten zurückbleibt, so entstehen daraus tafelförmige Zellen, die, je nach der freien oder gehemmten Entwickelung, wieder rundlich oder polygonal-tafelförmig werden, die sich bandförmig gestalten, wenn das Wachsthum nach einer der Flächenausdehnungen überwiegt, endlich als sternförmige, buchtige, wellige Zellenformen auftreten, wenn die Ausdehnung unregelmässig erfolgt (Fig. 11, I. bis III.).

Die tafelförmigen Zellen finden sich namentlich in der Oberhaut des grünen Stengels und der Blätter der Gefässpflanzen, sowie in den Scheidewänden der Luftcanäle mancher Monokotyledonen (Binse, Froschlöffel, Musa u. s. w.), wo sie vorzugsweise den letzteren Zellenformen angehören, dann in fast rechteckig tafelförmiger Form in dem Korkgewebe, als sechsseitige Tafeln in den Blättern der Lebermoose u. s. w. Vor allem aber bieten die Familien der Diatomeen und Desmidieen ein reiches Feld der wunderbarsten und verschiedensten hierher gehörigen Gestalten.

Aus einseitig vorwaltender Ernährung hervorgegangene Zellenformen. — Vorwaltendes Wachsthum nach nur einer Ausmessung des Raumes bedingt überwiegende Ausdehnung nach der Länge und es gehen daraus diejenigen Zellenformen hervor, welche man als cylindrische, prismatische, spindelförmige und fadenförmige bezeichnet (Fig. 12, a. S. 64). Von ihnen findet man die ersteren vorzugsweise bei den Fadenalgen, dann in dem Blattparenchym (Pallisadenparenchym), bei den Gefässzellen der höheren Gewächse und in dem Marke saftiger, rasch wachsender Monokotyledonen, die zweiten in dem letzteren Gewebe, sowie in dem Holz- und Bastparenchym, die dritten als Holz- und Bast-

fasern, die letzteren bei manchen Haargebilden (Baumwolle etc.). Eine ungleichförmige Ausdehnung bringt bei den gestreckten Zellen bald eine

Fig. 11.

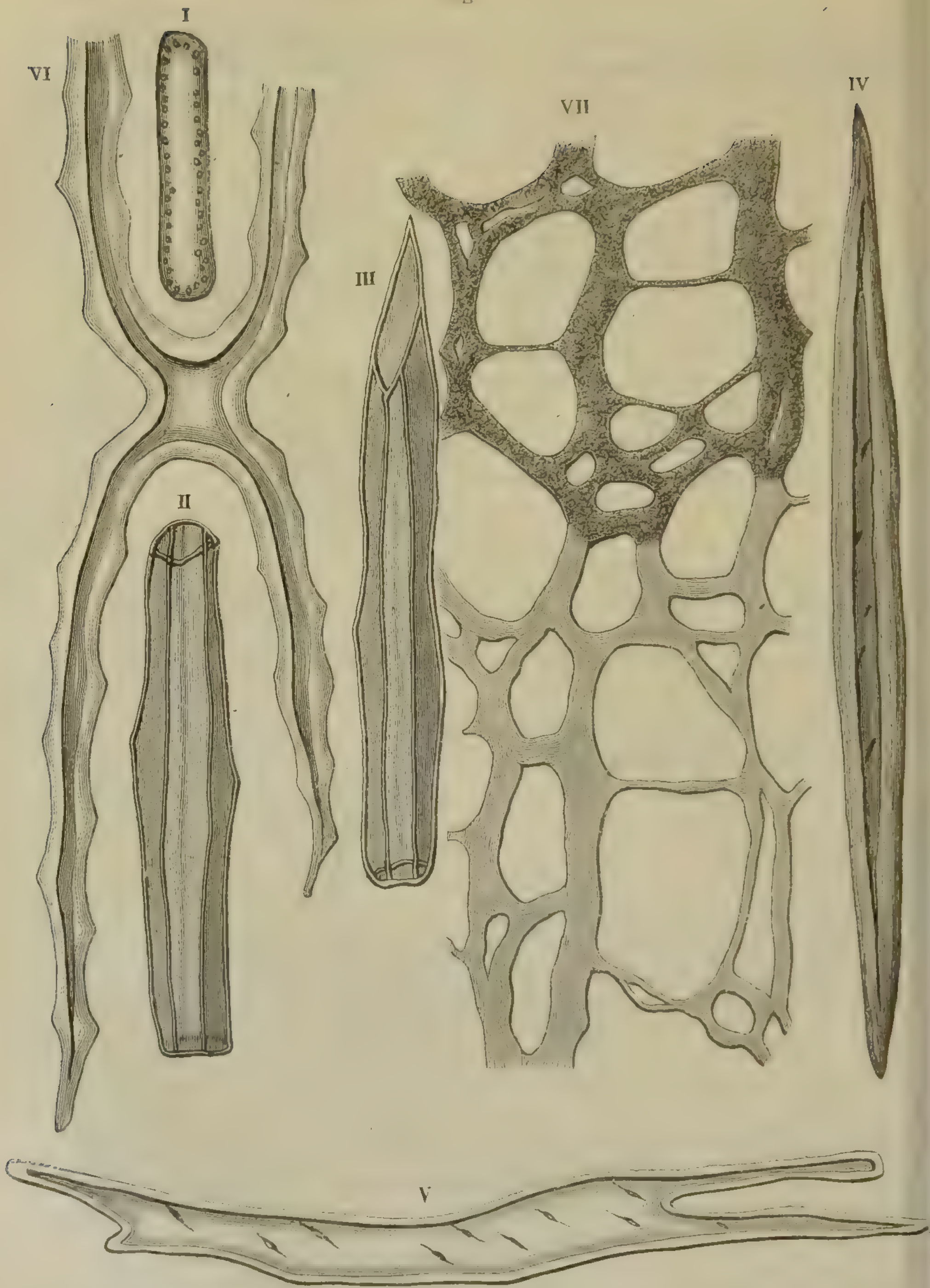


I. Tafelförmig-buchtige Zelle nebst angrenzenden Zelltheilen aus der Oberhaut von Asplenium Nidus. — II. Grosse sternförmige Zellen aus der horizontalen Scheidewand der Luftgänge von Botamus umballatus, *a* im jüngeren, *b* im älteren Zustande. — III. Unregelmässig sternförmige Zelle Enastrum crux nelitensis. Vergr. von I. u. II. 1 : 780, von III. 1 : 400.

geringere (manche Holzzellen, Fig. 12, V. a. f. S.), bald eine bedeutendere Verästelung hervor (Bastzellen der Rhizophoren der Asclepiadeen, Bastgefässe der letzteren und der Euphorbien, Moreen u. s. w.) (Fig. 12, VI.), welche bei den Bastgefässen (Milchsaftgefässen) der Cichoriaceen und der Carica-Arten bis zu den mannigfachsten miteinander änastomosirenden Verzweigungen sich steigert (Fig. 12, VII.).

Um über die verschiedenen Formen der Pflanzenzellen sich den erforderlichen Aufschluss zu verschaffen, sind bei den zu Geweben verbundenen Zellen neben dem Querschnitte noch zwei Längsschnitte erforderlich, von denen der eine parallel mit dem Radius verläuft (Radialschnitt), der andere aber in einer senkrecht auf dem letzteren stehenden Ebene

Fig. 12.



I. Cylindrische Zelle aus dem Blattparenchym von Pyrus communis. Vergr. 1 : 650. — II. und III. Prismatische und prismatisch-pyramidale Zelle aus dem Bastparenchym von Begonia sp. Vergr. 1 : 370. — IV. Spindelförmige Bastzelle von Bignonia radicans. Vergr. 1 : 125. — V. Verzweigte Holzzelle von Cucurbita pepo. — VI. Verzweigte Bastzelle von Hoya carnosa. — VII. Netzförmig mit einander verbundene Milchsaftgefässe von Carica microcarpa. Vergr. 1 : 400.

geführt ist (Tangenten- oder Secantenschnitt, der bei dem Blatte zum Flächenschnitt wird, für die Oberhaut durch einfaches Abziehen dieser ersetzt werden kann).

Wo diese Schnitte nicht ausreichen, da müssen die Zellen aus ihrem Zusammenhange gelöst werden, um sie isolirt beobachten zu können. Man macerirt zu dem Ende entweder nicht zu zarte Längsschnitte oder, wo erforderlich, auch stärkere Querschnitte mittelst des im ersten Bande beschriebenen Verfahrens und trennt die betreffenden Zellen unter dem einfachen Mikroskope oder dem Compositum mittelst der Nadel von den sie umgebenden Gewebetheilen.

Literatur: Schleiden, Grundzüge der wissenschaftlichen Botanik, 3. Aufl. 1849. S. 222.
H. v. Mohl, Anatomie und Physiologie der vegetabilischen Zelle. 1856. S. 10.
Unger, Anatomie und Physiologie der Pflanzen. 1855. S. 55.
Schacht, Lehrbuch der Anatomie und Physiologie. 1856. S. 90.

2. Verdickung der Zellstoffhülle.

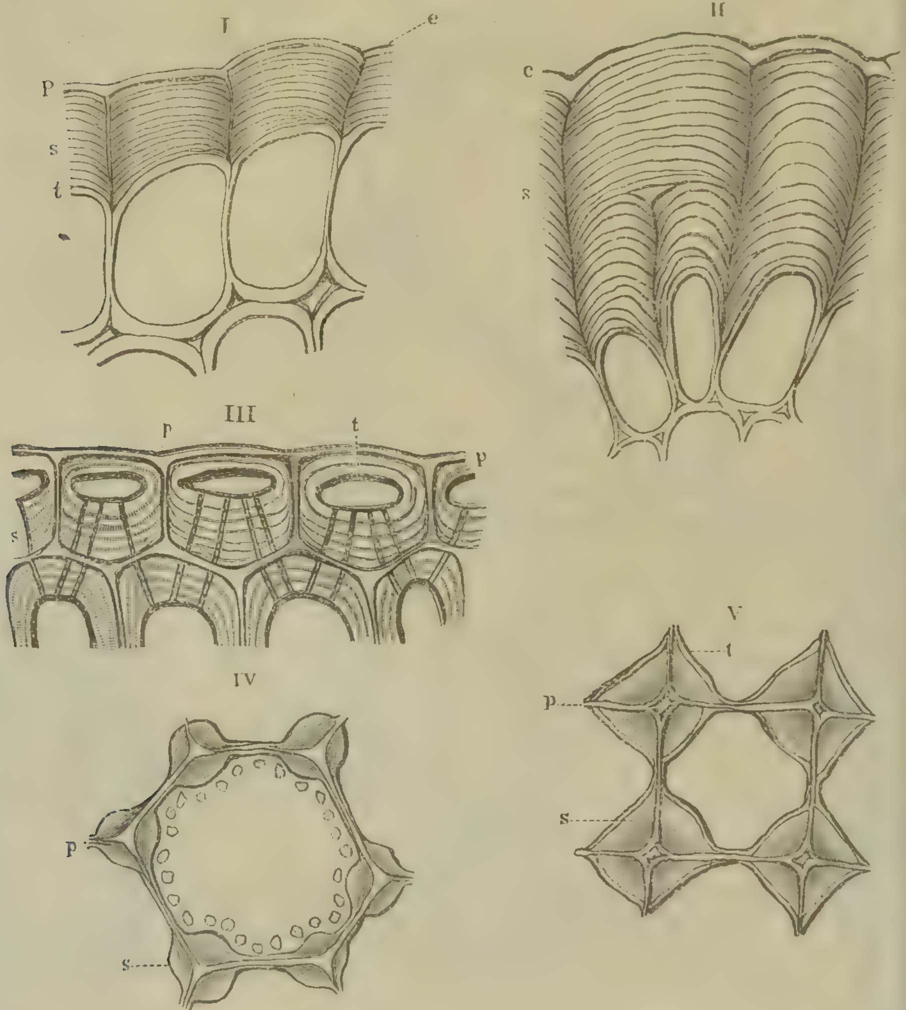
Das zweite Moment des Wachsthums, welches schon in den frühesten Entwickelungsstadien neben dem ersteren hergeht, sich aber erst in späteren Perioden, wenn die Ausdehnung eine bestimmte Grenze erreicht hat, mehr bemerklich macht, ist die allseitige oder mehr minder einseitige, nur in den weniger zahlreichen Fällen ununterbrochen über die betreffenden Flächen erfolgende Verdickung der Zellstoffhülle. Bei manchen Zellenarten, z. B. bei dem Parenchym, erscheint sie in der Regel so unbedeutend, dass sie kaum ins Auge fällt; bei anderen Parenchymzellen, bei den Gefäss-, Holz- und Bastzellen dagegen tritt sie meist in höherem Maasse auf, so dass oft das Lumen — namentlich der letzteren Zellen — fast ganz verschwindet.

Allseitige Verdickung. — Die allseitige Verdickung tritt namentlich in den verdickten Parenchymzellen der Innenrinde und des Markes mancher Pflanzen, ferner in den meisten Holz- und Bastzellen auf (Fig. 14, a. S. 68).

Einseitige Verdickung. — Die Verdickung der Zellstoffhülle erfolgt indessen keineswegs immer allseitig, und hat man auf diese Thatsache wohl zu achten. Bei den Epidermiszellen tritt dieselbe in der Mehrzahl der Fälle nur einseitig auf, so dass die nach Aussen oder Innen gewendete Wandfläche der betreffenden Zellen, oder auch eine dieser und die beiden anstossenden Wände ganz oder theilweise eine weit stärkere verdickte Zellstoffhülle besitzen, als die übrigen, wofür namentlich die Oberhaut des Blattes und des Stengels von Viscum album ein sehr instructives Beispiel bietet. Weitere Beispiele finden sich in der Oberhaut der jungen Triebe von Rosa canina, Ficus elastica, Ilex, Dipsacus etc.,

ferner der Blätter von den letzteren Pflanzen, von Allium, Agave, Aloe, Hyacinthus, Tulipa, Bromelia, Ananas, Hechtia, Nerium, Hoya, Citrus, Dianthus, Helleborus, Angelica, Carum etc. (Fig. 13, I. bis III.). Eine

Fig. 13.



Einseitig verdickte Zellen. I. Querschnitt aus der Oberhaut des Blüthenschaftes von Arum maculatum. — II. Desgleichen aus der Oberhaut eines mehrjährigen Zweiges von Viscum album. III. Desgleichen aus der Oberhaut des Blattes von Ananassa sativa. — In den Ecken verdickte Zellen. IV. aus dem Blatte einer Jungermannia. V. aus dem Collenchym des Blattstieles von Calla aethiopica. *p* primärer Zellstoff, Hülle und Cuticula, *s* secundäre Verdickungsschichten, *t* tertiäre Hüllschicht, *c* Cuticula. Vergr. 1 : 660.

partielle Verdickung in den Ecken findet sich sehr schön in den Blättern der Lebermoose, ferner in dem sogenannten Collenchym der Dikotyledonen und Monokotyledonen (Fig. 13, IV. und V.), wofür sich fast in dem grünen Stengel einer jeden unserer krautartigen Pflanzen ausgezeichnete Beispiele finden.

Zur Beobachtung dieser Verhältnisse dienen in der Regel geeignete Querschnitte, neben denen man etwa noch radiale Längsschnitte, sowie isolirte Zellen der Betrachtung unterwerfen kann.

Schichtung der Zellstoffhülle.

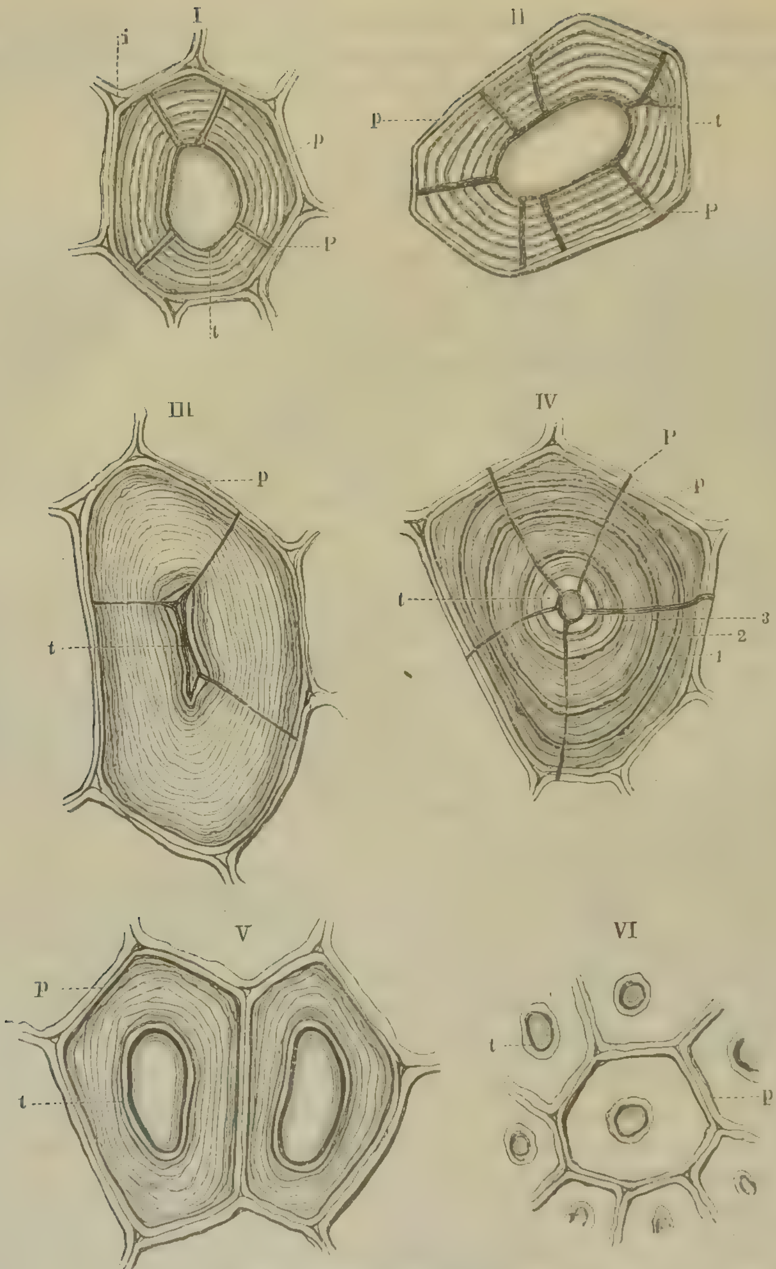
Schichtenfolge. — In der Regel sind die in verschiedenen Altersstufen entstandenen, durch Einlagerung von aus dem Protoplasma ununterbrochen über der Zellhaut abgeschiedenen Zellstofftheilchen zu ihrem beobachteten Volumen herangewachsenen, dann aber individualisirten, also räumlich und physiologisch abgeschlossenen Partieen der Zellstoffhülle in ihrem optischen Verhalten verschieden (Fig. 14, a. f. S.). Aus diesem Grunde vermag man die primäre, dichtere Hülle leicht von der gewöhnlich minder dichten, am häufigsten schichtenweise abgelagerten, manchmal durch je eine optisch deutlich ausgesprochene, dichtere Schicht in mehrere Schichtencomplexe zerlegten (Fig. 14, IV. a. f. S.) secundären Verdickung zu unterscheiden, welcher noch eine jüngste, meistens leicht zu erkennende Schicht, die tertiäre Hülle, folgt.

Wo die Schichtung in der secundären Hüllpartie nicht an und für sich schon sichtbar ist, da lässt sich dieselbe durch Behandlung mittelst Schwefelsäure, Aetzkalis oder Kupferoxydammoniaks, welche Mittel auch die einzelnen gröberen für sich sichtbaren Schichten wieder in mehr oder minder zahlreiche Lamellen zerfallen machen (siehe Fig. 16, II., Seite 71), zur Anschauung bringen.

Ob die Schichtung der secundären Zellstoffhülle Folge der Differenzirung einer ursprünglich gleichartigen Verdickungsmasse ist, welche sich später in verschieden wasserreiche Schichten spaltet, wie dies Nägeli annimmt, dem allerdings eine grosse Reihe von Thatsachen zur Seite steht, welche auf dem Verhalten fertiger Zustände gegen Reagentien beruhen, scheint nach meiner Erfahrung zweifelhaft. Es bietet die Beobachtung, welche sich zur Entscheidung derartiger, tief einschneidender Fragen nicht auf mehr vereinzelte, anscheinend noch so günstige Fälle zu beschränken, sondern, ohne sich durch theoretische Deductionen beirren zu lassen, über ein möglichst ausgedehntes Gebiet, namentlich auch der Entwickelungsgeschichte, zu verbreiten hat, wenigstens hierfür durchaus keine völlig stichhaltigen, dagegen mancherlei für die theilweise richtige, theilweise zu modificirende (siehe weiter unten) ältere Ansicht sprechende Anhaltspunkte. Nach letzterer ist die Schichtung das Resultat einer gewissen Periodicität in der Folge der homogenen Ablagerungsschichten, und es werden diese durch mehr oder minder breite, manchmal verschwindend schmale leere Zwischenräume von einander getrennt, welche sich auf dem Quer- oder Längsdurchschnitt der verdickten Zellstoffhülle als dunkle Linien darstellen.

Soll die Frage beantwortet werden, inwieweit die sichtbare Schichtung

Fig. 14.



Verschiedene Zellen mit starken Verdickungsschichten im Querschnitt. I. Aus dem Marke von Clematis vitalba mit deutlich unterscheidbarer primärer und tertiärer Zellhülle und ebenso geschichteter secundärer Verdickung. — II. Sehr deutlich geschichtete verholzte Parenchymzelle aus dem Stamme von Urania guyanensis. — III. Bastzelle von Larix europaea mit deutlich primärer und tertiärer Hülle und zahlreichen secundären Schichten. — IV. Bastzelle aus dem Stamme von Urania guyanensis mit deutlicher primärer und tertiärer Hülle und mehreren secundären Schichtencomplexen, welche durch dichtere, optisch scharf unterscheidbare Schichten 1, 2 u. 3 begrenzt sind. — V. Zwei Bastzellen von Cycas revoluta, bei denen primäre und tertiäre Hülle deutlich, dagegen die secundären Schichten nur schwach angedeutet sind. — VI. Holzzelle von Fagus silvatica mit ungeschichteter secundärer Verdickung. Bei allen Figuren *p* primäre, *t* tertiäre Hülle, *P* Porencanal. Vergr. 1 : 780.

auf Trennung homogener Schichten oder auf der Differenzirung des Zellstoffes in wasserarme und wasserreiche Schichten beruht, mit anderen Worten, ob die dunklen Streifen die einzelnen Schichten trennende Zwischenräume oder Dichtigkeitsstreifen sind, womit aber noch keineswegs über die Entstehung entschieden werden kann, so muss zu den Mitteln gegriffen werden, welche im ersten Bande als geeignet für die Erkenntniss der Reliefverhältnisse empfohlen wurden.

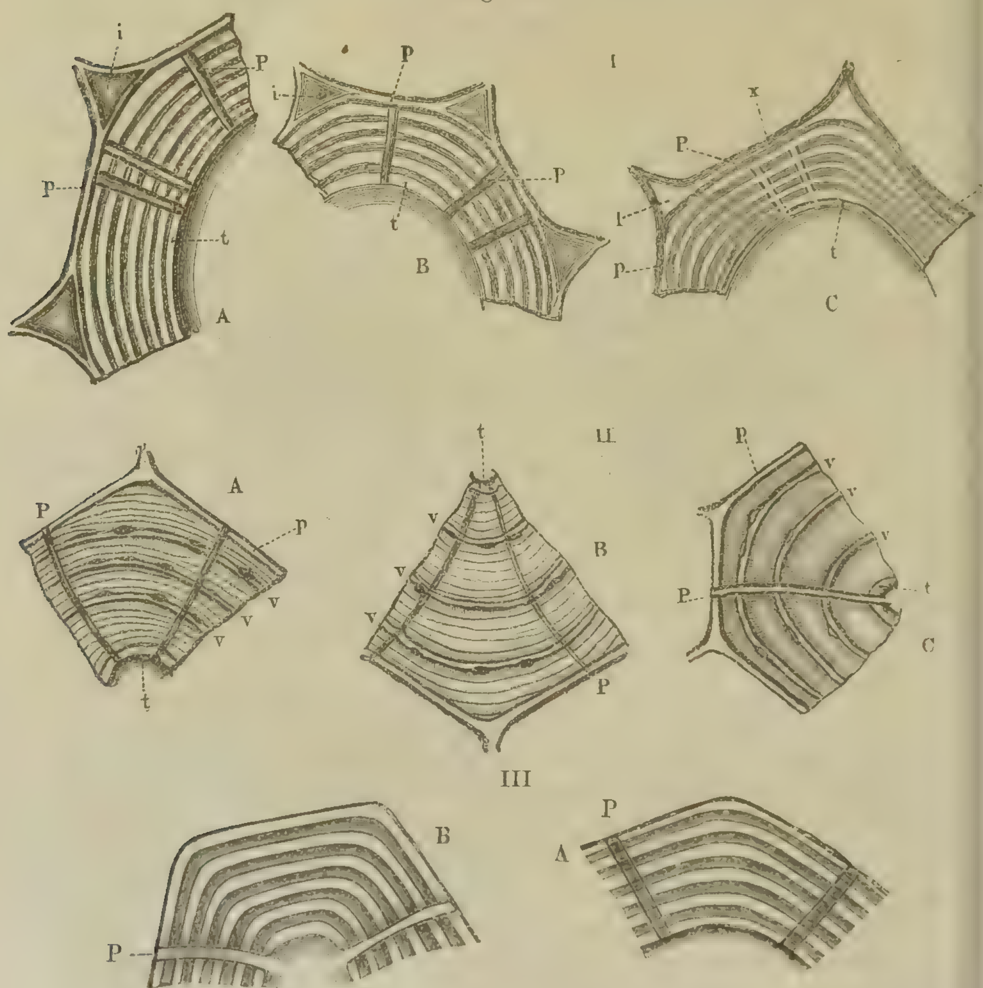
Möglichst zarte, zur Zellenachse genau senkrecht geführte Querschnitte solcher Zellen, bei denen die Schichtung recht stark ausgeprägt ist und wo etwa durch die Schichten verlaufende Porencanäle mit als Anhaltspunkte dienen können, z. B. der Markzellen älterer, noch lebender Clematisstengel, der Bastzellen mancher Begonien-Arten und Cacteen, der verdickten Parenchymzellen, aus Rinde und Mark von Hoya u. s. w. sind zu dem Ende unter Wasser sowohl, als unter stärker lichtbrechenden Flüssigkeiten, wozu sich unter anderen Canadabalsam und Anisöl empfehlen, zu betrachten. Hierbei ist zu beachten, dass die betreffenden Präparate, wegen der immerhin erfolgenden Durchdringung der Zellstoffhülle auch mittelst dieser Umhüllungsmittel, sofort zu beobachten sind, und dass dieselben nicht zu trocken sein dürfen, weil dadurch auch blosse Streifen einer vorher wasserreicheren Substanz zu Vertiefungen werden können. Man verwendet dieselben am besten frisch und aus nicht im Safte stehenden Pflanzen entnommen. Dann ist in der Regel kein so grosser Feuchtigkeitsgehalt vorhanden, dass die tadellose Umhüllung der Oberfläche und das Eindringen von den genannten Zusatzflüssigkeiten in die leeren Räume ein Hinderniss erführe, während andrerseits der Durchdringung der Zellhülle mittelst jener Substanzen durch den vorhandenen Wassergehalt eine Schranke gesetzt ist und eine störende Eintrocknung nicht befürchtet werden braucht.

Tritt bei derartig wechselnder, unter voller Beachtung der eben gegebenen Winke vorgenommener Beobachtung keine Aenderung in den mittelst Betrachtung unter Wasser gewonnenen Anschauungen ein, wie man es bei den verschieden dichten Schichten der in (Fig. 15, II. u. III., a. f. S.) abgebildeten, theils stark eingetrockneten, theils lebenden Pflanzentheilen entnommenen Zellen beobachtet, so darf man mit Sicherheit auf Dichtigkeitsunterschiede in der Substanz als die Streifung bedingend schliessen. Macht sich dagegen eine derartige Aenderung geltend, dass bei Betrachtung unter dem der Cellulose an Brechkraft sehr nahe stehenden Canadabalsam die Streifung nahezu verschwindet, oder dass unter Anisöl, welches eine stärkere Brechkraft als Cellulose besitzt, die Reliefverhältnisse sich umkehren, wie es, soweit meine Beobachtungen reichen, normal bei den geschichteten Zellen der Fall ist, welche von eingetrockneten Pflanzentheilen herrühren und bei denen ursprünglich nur dichte Schichten vorhanden sind, wie es aber auch da vorkommt, wo die minder dichten Schichten in Folge des Eintrocknens nicht mehr sichtbar sind, wäh-

rend die dichteren sich von einander getrennt haben (Fig. 15, I.), so muss als Grund der Streifung eine blosse Unterbrechung in den Schichten angenommen werden.

Man hat hier zum Beweise der Differenzirung anfangs homogener Zellstoffhüllen in wasserreichere und wasserärmere Schichten auch die Quellungserscheinungen herangezogen, welche entweder durch Wasser (bei den Zellen der Samendecken von Cydonia, von einzelnen Cruciferen

Fig. 15.

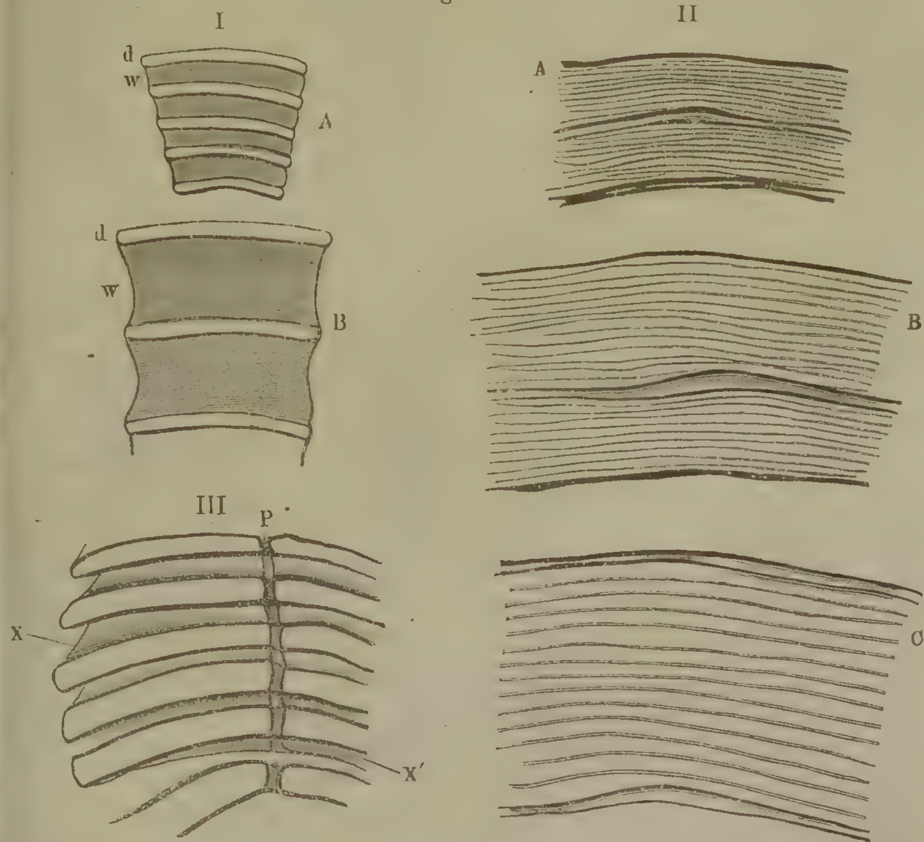


Zellen mit geschichteten secundären Verdickungen unter verschiedenen Zusatzflüssigkeiten. I. Theile aus Querschnitten von alten eingetrockneten Markzellen der Clematis vitalba. *A* unter Wasser, *B* unter Canadabalsam, *C* unter Anisöl betrachtet. — II. Desgleichen von einer Bastzelle der Urania guyanensis, *A*, *B*, *C* wie oben. — III. Querschnitt einer Bastzelle von Begonia (Gartenvarietät). *A* u. *B* wie *A* u. *C* in I. *p*, *s*, *t* primäre, secundäre und tertiäre Zellhülle, *P* Porencanäle, *i* Intercellularsubstanz, *v* die optisch differenten (dichteren) Schichten der secundären Verdickungsschichten. In der Fig. I. *C* sind die Lichtverhältnisse gegen *A* und *B* vertauscht, indem die Zwischenräume heller, die Zellstoffschichten dunkler erscheinen. Bei *xx* in I. *C* sind die Zellen auseinander getreten und die Zwischenräume mit Anisöl erfüllt. Vergr. 1 : 1200.

und Polemoniaceen), oder durch die oben erwähnten Reagentien hervorgerufen werden, und in Folge derer bei einem gewissen Grade der Einwirkung einerseits die Schichtung deutlicher hervortritt, andererseits aber auch die als dichtere (wasserarme) angesprochenen Schichten in feinere Lamellen zerlegt werden.

Hier ist nun zunächst zu beachten, dass diese Erscheinungen bei gleichartigen Schichten verschieden gedeutet werden können, je nachdem man eben von verschiedenen Voraussetzungen über die feinere Structur der Zellstoffhülle, also von verschiedenen, immerhin theoretischen, physikalischen Prämissen ausgeht, welche offenbar gleiche Berechtigung haben. In dieser Beziehung lässt sich also die Quellung nicht mit Erfolg verwerthen. Dagegen erlangt sie Bedeutung, wenn es zu ermitteln gilt, ob eine Zelle gleichartige oder ungleichartige Schichten gebildet hat, und welcher Unterschied für letzteren Fall in der Dichtigkeit der beiden

Fig. 16.



I. Einige unter dem Einflusse von Schwefelsäure gequollene Schichten einer Markzelle von Clematis, *A* nach kürzerer, *B* nach längerer Einwirkung. II. Desgleichen aus einer verdickten Parenchymzelle in der Umgebung der Gefässbündel von Urania, wobei die ursprünglich homogen erscheinenden Schichtencomplexe in die einzelnen gleichartigen Schichten zerlegt sind. *A* und *B* zwei Schichtencomplexe, *C* ein Complex. — III. Partie einer schief durchschnittenen gleichen, an der linken Seite eingerissenen Zelle im Anfange der Quellung, *xx* Seitenflächen der Schichten. Vergr. 1 : 500.

je eine Schicht zusammensetzenden Lamellen stattfindet. Für einen gegebenen Fall, in dem andere Beobachtungsweisen keinen genügenden Aufschluss geben, hat man dann zu ermitteln, in welcher Weise die Quellung erfolgt, d. h. ob die Volumenzunahme sich vorzugsweise in den dunkleren Partieen geltend macht (Fig. 16, I. *A*, *B*, a. v. S.), wodurch diese sich als die weniger dichten erweisen, oder ob dieselbe nur in den stärker lichtbrechenden Partieen auftritt (Fig. 16, II. *A* bis *C*), wodurch das Vorhandensein gleichartiger, durch leere Zwischenräume getrennter Schichten dargethan wird. Um die letztere Aufgabe mit Sicherheit zu lösen, achte man darauf, dass die betreffenden, möglichst feinen Querschnitte genau senkrecht geführt werden, was bei in die Länge gestreckten Zellen leicht ausführbar ist. Schiefe Schnitte durch fadenförmige oder cylindrische, ebenso Diametralschnitte durch sphäroidische Zellen, namentlich dann, wenn diese nicht möglichst annähernd eine Mittellamelle bilden, veranlassen nämlich leicht Täuschungen, indem bei gleichartigen Schichten die geneigten Seitenwände dieser sich optisch ähnlich verhalten, als ob Lamellen von ungleicher Dichtigkeit vorhanden wären. Dieser störende Factor lässt sich indessen da, wo er nicht umgangen werden kann, leicht in Rechnung ziehen, wenn man das Verhalten derjenigen Stellen genau beachtet, an denen die Schichten während der Quellung radial eingerissen werden (Fig. 16, III.).

Hat man passende Querschnitte der Einwirkung des entsprechenden Reagenses ausgesetzt, so gilt es, die verschiedenen Momente der Quellung in Bezug auf die auftretenden Volumveränderungen festzuhalten, was entweder mittelst aufeinanderfolgender Messungen oder durch genaue Zeichnung der verschiedenen Quellungszustände zweier benachbarter, fest ins Auge gefasster Schichten geschieht (Fig. 16).

Entstehung der Schichten. — Um die Entwickelungsgeschichte der Verdickung insbesondere der optisch unterscheidbaren Zellhüllpartieen und der Schichtung zu studiren, welche allein zur Entscheidung der Frage führen kann, ob diese Structurverhältnisse in der Differenzirung wasserreicherer und wasserärmerer Lamellen in der anfänglich homogenen Zellstoffhülle, oder in der Aneinanderlagerung (Apposition) gleichartiger oder ungleichartiger, aus je einer dichteren und einer weniger dichten Lamelle bestehenden, Schichten ihren Grund haben, eignen sich in lebhaftem Wachsthum begriffene Pflanzen am besten.

Man beginnt die betreffenden Untersuchungen dann mit den jüngsten Internodien jähriger Stengel oder Triebe, und steigt nach und nach zu den älteren hinab.

Ein geeignetes Object für die Entwickelungsgeschichte der einseitigen Verdickung bieten die Blätter- und Stengeltriebe der Mistel (Viscum album), Fig. 17, bei denen man häufig auf solche Zustände treffen wird, wo innerhalb schon verdickter Epidermiszellen Tochterzellen gebildet wurden (Fig. 17, II. u. III.), in Folge dessen die Ablagerung der Ver-

dickungsschichten eine Unterbrechung erlitten hat und sich für die neugebildeten Zellen gesondert fortsetzt.

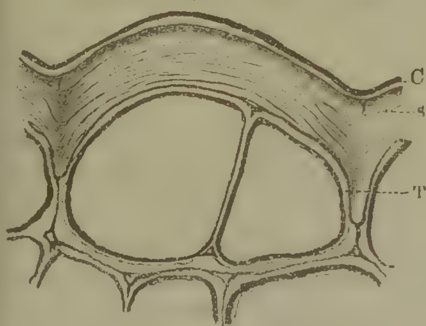
Für den Verfolg der bei den meisten Holzzellen auftretenden allseitigen Verdickung ohne sichtbare Schichtenbildung der secundären Hülle, wo sonach die letztere durch continuirliche Ausscheidung und Einlagerung flüssiger oder halbflüssiger Zellstoffhüllchen ihr Wachsthum vollendete, oder wo — was gemäss des durch später erfolgende, im Ablauf der Lebensperiode bedingte, oder von Aussen hinzugebrachte Einwirkungen (Reagentien) hervorgerufenen Sichtbarwerdens der Schichtung als für andere Fälle begründet erscheint — entweder aus nur wenig differenten, optisch nicht unterscheidbaren Lamellen bestehende, oder homogene Schichten entstanden, von denen die nächstjüngere zu einer Zeit sich entwickelte, in der die im Alter vorhergehende noch eine weichere Beschaffenheit besass, welche ein innigeres, die Trennungslinie auf ein für unsere Hilfsmittel nicht erkennbares Maass herabdrückendes Adhäriren gestattete, sind kräftige Triebe sowie Wurzeläste der Nadelhölzer besonders geeignet, und hat man dabei namentlich die Zellen in dem äusseren Theile des jüngsten Jahresringes ins Auge zu fassen. Man entrimmt dieselben vom Anfang oder Mitte Juni an in kürzeren höchstens 3- bis 4-tägigen Perioden und verwendet sie entweder im frischen Zustande zur Untersuchung, oder bewahrt sich dieselben in genau mit dem betreffenden Datum bezeichneten Gläsern in Alkohol auf. Man wird dann bei Beobachtung von verschiedenen Altersstufen entnommenen Querschnitten finden, wie in den radial von Innen nach Aussen sich folgenden Zellenreihen ein ununterbrochen dauerndes, mit einer allmälig von der primären Zellstoffhülle her erfolgenden Verholzung verbundenes, in den

Fig. 17.

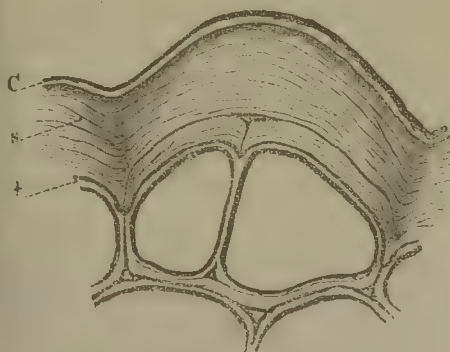
I.



II.



III.



Drei Entwickelungszustände der Cuticularschichten von Viscum album, I. aus einem ganz jungen Zweige, II. aus einem einjährigen Zweige, III. aus einem älteren Zweige. *C* Cuticula, *s* secundäre und primäre, *t* tertiäre Zellhülle. Vergr. 1 : 720.

Ecken der Zellen etwas stärker hervortretendes Dickerwerden der secundären Hülle erfolgt, nach dessen Ablauf die stärker lichtbrechende tertiäre Hüllschicht abgeschieden wird.

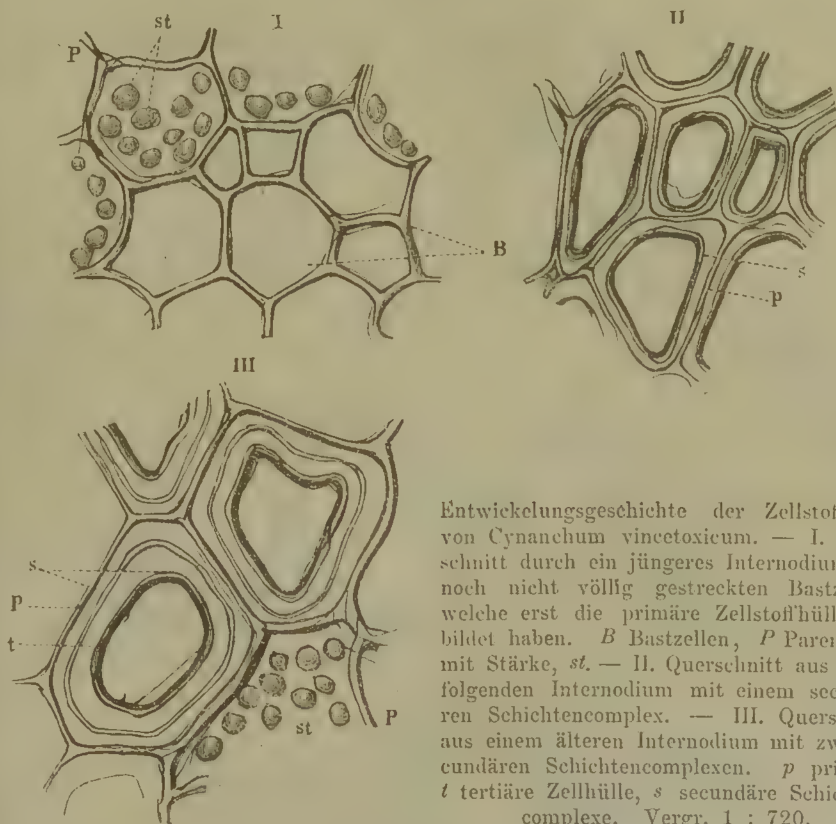
Zum Studium der allseitigen Verdickung mit sichtbarer Schichtenbildung in der secundären Zellstoffhülle wähle man solche Pflanzen- und Zellenarten, bei denen erstere nur ganz allmälig erfolgt. Unter den letzteren sind es namentlich die Bastzellen und verdickten Markzellen, unter ersteren, soweit meine Erfahrungen reichen, vorzugsweise manche Apocyneen und Asclepiadeen, sowie Clematis und Viscum, welche passende Präparate liefern. Cynanchum vincetoxicum und Periploca graeca fand ich neben den beiden letztgenannten Pflanzen von jenen besonders geeignet zu lückenloser Verfolgung der Entwickelungsgeschichte, da bei ihnen eine regelmässige Folge von den jüngeren zu älteren Internodien stattfindet. Weniger passend erschien Nerium, wo die Verdickung in den sich folgenden Internodien nicht immer gleichmässig über die ganze Bastgruppe erfolgt, so dass einzelne Zellengruppen unverdickt geblieben sind, andere starke secundäre Verdickungsmassen abgelagert haben, welche aber im jugendlichen Alter ungeschichtet erscheinen und wohl in derselben Weise entstanden sind, wie jene der eben besprochenen Holzzellen. Das Gleiche gilt von solchen verdickten Parenchymzellen, welche in Mark und Rinde vorkommende Gruppen bilden, deren einzelne Individuen sich ungleichzeitig ausbilden. So erscheinen z. B. die schon stark verdickten secundären Hüllen der bekannten Markzellen von Hoya carnosa auf ganz jungen frischen Zweigen entnommenen Schnitten, so lange sie noch nicht verholzt sind und sich mit Chlorzinkjodlösung weinroth, mit Jod und Schwefelsäure blau färben, ganz homogen, während die Schichtung, die bei allen schon verholzten Zellen derselben Gruppe deutlich erscheint, hervortritt, wenn man die betreffenden Zweige vor Anfertigung der Schnitte stark eintrocknen, oder auf Querschnitte von frischen Zweigen Schwefelsäure einwirken lässt.

Als Beispiel mögen die Verdickung der Bastzellen von Cynanchum vincetoxicum und der Markzellen von Clematis vitalba dienen. Fertigt man Querschnitte aus den zwei jüngsten Internodien der ersteren Pflanze, so findet man die Bastzellen nur mit der primären Zellstoffhülle (Fig. 18, I. *B*), und es macht sich hier in Bezug auf die Altersfolge nur der Unterschied geltend, dass in dem jüngsten Internodium nur wenige Zellen einem Bündel angehören und diese sich noch hie und da in Theilung befinden, während sich in dem älteren schon die volle Anzahl der das fertige Bastbündel zusammensetzenden Zellen eingefunden hat. Steigt man jetzt mit den Querschnitten zu dem nächstälteren Internodium hinab, so erscheint, mag man den Querschnitt am oberen oder unteren Ende des Internodium nehmen, über der primären Zellstoffhülle der erste, durch eine optisch sich von der übrigen unterscheidende, dichtere, innerste Schicht abgeschlossene Schichtencomplex der secundären Verdickung abgelagert (Fig. 18, II.).

Das nächst tiefere Internodium zeigt die Vollendung eines zweiten

Schichtencomplexes, der nach dem Lumen der Zelle von der sogenannten tertiären Membran abgegrenzt wird (Fig. 18, III.), und damit erscheint bei dieser Pflanze die Verdickung vollendet.

Fig. 18.



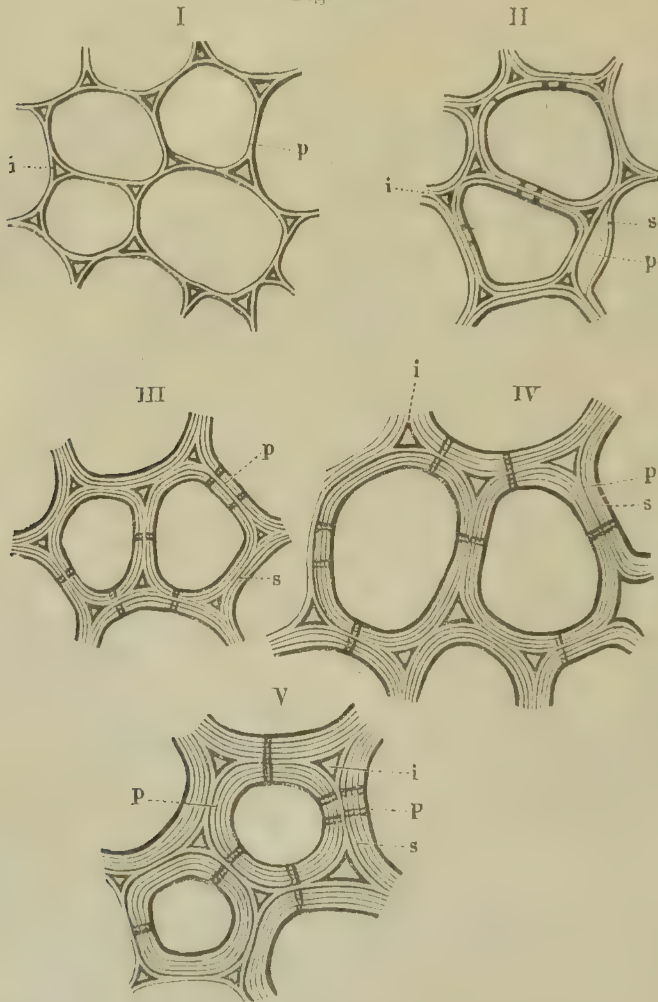
Entwickelungsgeschichte der Zellstoffhülle von Cynanchum vincetoxicum. — I. Querschnitt durch ein jüngeres Internodium mit noch nicht völlig gestreckten Bastzellen, welche erst die primäre Zellstoffhülle gebildet haben. *B* Bastzellen, *P* Parenchym mit Stärke, *st.* — II. Querschnitt aus einem folgenden Internodium mit einem secundären Schichtencomplex. — III. Querschnitt aus einem älteren Internodium mit zwei secundären Schichtencomplexen. *p* primäre, *t* tertiäre Zellhülle, *s* secundäre Schichtencomplexe. Vergr. 1 : 720.

Ganz gleiche Entwickelungszustände zeigt Periploca, und lassen sich ähnliche auch in verschieden alten Internodien von Nerium auffinden. Stehengebliebene Entwickelungszustände, welche die verschiedene Folge der Schichtencomplexe erkennen lassen, fand ich namentlich sehr schön bei einem Stammstück von Urania guyanensis in den Bastbündeln, und waren hier die jeden einzelnen periodischen Schichtencomplex abgrenzenden dichteren Schichten vorzugsweise deutlich ausgeprägt, worüber namentlich die Beobachtung im polarisirten Lichte den zweifellosesten Aufschluss gewährte.

Der Stengel von Clematis zeigt in allen jenen Internodien, welche ihre Streckung noch nicht vollendet haben, in denen also die Zellen noch in Ausdehnung begriffen sind, unverdickte Zellen im Marke, welche nur ihre primäre Zellstoffhülle entwickelt haben (Fig. 19, I. u. VI., a. f. S.). Sobald die Streckung vollendet ist, beginnt die Verdickung der Zellstoffhülle in den Zellen des nicht der Auflösung anheimfallenden Markringes, und es ist leicht, dieselbe von Glied zu Glied zu verfolgen. Zuerst be-

obachtet man die Ablagerung nur einer, aus einer äusseren weniger dichten und einer inneren dichteren Lamelle bestehenden, bald verholzenden

Fig. 19.



Entwickelungsgeschichte der Verdickungsschichten der Markzellen von Clematis vitalba. I. bis V. aus fünf aufeinander folgenden Internodien. *i* Intercellularraum, die sonstige Bezeichnung wie in der vorigen Figur. Vergr. 1 : 720.

secundären Schicht über der primären Zellstoffhülle (Fig. 19, II. u. VII.), und sowie man um ein Stengelglied weiter nach abwärts steigt, eine Vermehrung um je eine neue, gleich beschaffene Schicht (Fig. 19, III. bis V. u. VIII. bis X.). Es findet also eine ganz entschiedene Periodicität der Ablagerung statt, welche sich in regelmässiger Weise bis etwa in das sechste bis achte Stengelglied abwärts (von dem ersten völlig gestreckten aus) erhält. Später machen sich allerdings einzelne Unregelmässigkeiten geltend, indem in noch tieferen Internodien sich nur einzelne Zellen noch stärker verdicken, so dass man in dem Marke älterer Stengel neben

Zellen mit 6 und 7 Verdickungsschichten solche mit 9 bis 10 derselben antrifft.

Literatur: Die Lehrbücher von Schleiden, H. v. Mohl, Unger u. Schacht besprechen diese Verhältnisse bei der Structur und Verdickung der Zellstoffhülle.

H. v. Mohl: In Erläuterung und Vertheidigung meiner Ansicht von der Structur der Pflanzensubstanz. 1836. Vermischte Schriften. S. 314. Ueber den Bau der vegetabilischen Zellmembran. Botanische Zeitung 1844. S. 273. Einige Bemerkungen über den Bau der vegetabilischen Zelle.

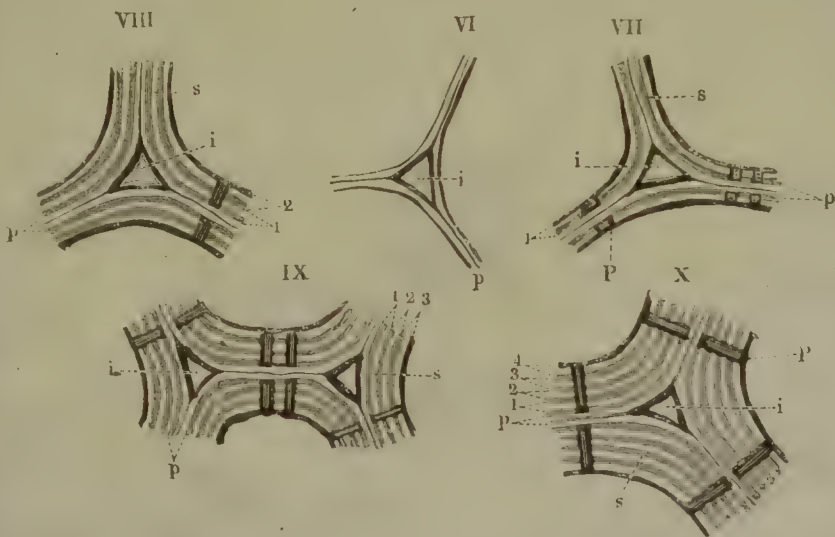
Harting, in Mulder: Versuch einer physiologischen Chemie und Botanische Zeitung. 1846. S. 64. (Auszug aus Scheikondige Onderzoekingen.) Botanische Zeitung. 1847. S. 237. Brief an H. v. Mohl.

H. v. Mohl: Botanische Zeitung 1846, S. 337. Ueber das Wachsthum der Zellmembran. — Botanische Zeitung 1847, S. 497. Untersuchung der Frage, bildet die Cellulose die Grundlage der etc.?

Dippel: Beiträge zur Lösung der Frage: Kommt der Zellmembram bloss ein Wachsthum von Aussen nach Innen zu, oder besitzt dieselbe zugleich ein solches von Innen nach Aussen? Botanische Zeitung 1851, S. 499.

Schacht: Beiträge zur Anatomie und Physiologie, S. 235. Ueber die Verdickungs-

Fig. 19.



Entwickelungsgeschichte der Verdickungsschichten der Markzellen von Clematis vitalba. VI. bis X. Bruchstücke der obigen Zellen bei stärkerer Vergrösserung, um die Differenz der Schichtenlamellen nachzuweisen.

weise der Zellwand; 2. Erfolgt die Bildung der Verdickungsschichten auf der Aussenseite der primären Zellwand etc.?

Nägeli: Ueber den inneren Bau der vegetabilischen Zellmembran. Sitzungsbericht der königl. bayerischen Akademie der Wissenschaften 1864. 1. IV. S. 282, und 2. II. S. 114.

Formverhältnisse der secundären Verdickungsschichten.

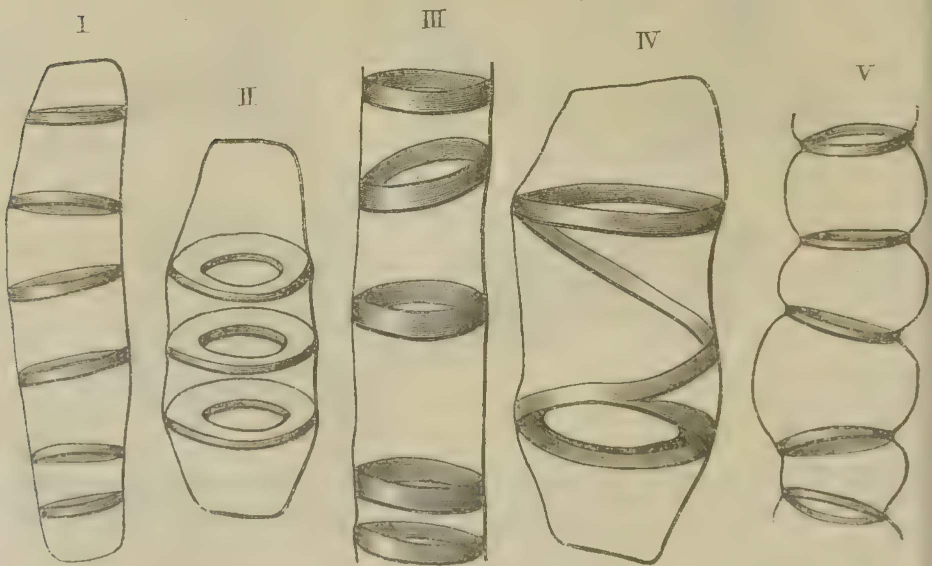
Die secundären Verdickungsschichten bei allseitiger Ablagerung bilden wohl niemals ganz zusammenhängende Lamellen, wie es bei der

einseitigen Verdickung am häufigsten vorkommt. Soweit meine Beobachtungen reichen, erscheinen immer einzelne, mehr oder minder ausgedehnte Strecken, bloss von der primären Zellstoffhülle gebildet, unverdickt. Die Formen, unter denen die Verdickung auftritt, sind mannigfacher Art, doch lassen sich im Allgemeinen die ringförmige, spiralige, netzförmige, poröse und siebförmige als Hauptformen unterscheiden.

Ringförmige Verdickungsschichten. — Die ringförmige Verdickung der Zellstoffhülle tritt nur hie und da in parenchymatischen und faserförmigen Zellen auf, so z. B. in den Zellen des Blattes von Sphagnum und der Kapselwand der Lebermoose, wo sie neben der folgenden erscheint, in den Zellen des Parenchyms und Holzes mancher Cacteen u. s. f. Häufiger findet sie sich in den ältesten zuerst entstandenen Gefässen der Phanerogamen und höheren Kryptogamen.

Es bildet hier die Ablagerung eine in sich selbst zurücklaufende, bald ganz horizontale, bald geneigte Schicht, welche meistens mehr bandförmig erscheint (Fig. 20, I.), hie und da aber auch sich plattenartig

Fig. 20.



Verschiedene Ringzellen; I. aus der Kapselwand von Pellia epiphylla mit dünnen Verdickungsschichten, II. aus Opuntia Tuna mit plattenförmigen Ringen, III. aus Arundo donax mit in verschiedener Weite und verschiedener Neigung gestellten stark verdickten Ringen, IV. aus Opuntia, mit Ringen, welche in ein Spiralband übergehen, V. aus Balsamina hortensis mit tonnenartig erweiterter primärer Hülle zwischen den Ringen. Vergr. 1 : 400.

mehr oder minder weit in das Innere der Zellen erstreckt, wie z. B. bei den Holzzellen der Cacteen (Fig. 20, II.). Die Stellung der Ringe selbst

wechselt mannigfach, bald stehen sie in regelmässiger Reihenfolge in weiteren oder kürzeren Abständen, bald ist die Reihenfolge eine mehr unregelmässige und es wechseln kürzere mit weiteren Abständen ab (Fig. 20, III.). Sehr oft geht in ein und derselben Zelle die ringförmige Verdickungsweise in die spiralige über, wofür sich in den Parenchymzellen der Opuntien, namentlich aber in den Gefässen der meisten Monokotyledonen (Canna, Tradescantia, Musa u. s. w.), der wilden (Impatiens noli tangere) und Gartenbalsamine (Balsamina hortensis), des Kürbis u. s. w. zahlreiche Beispiele finden (Fig. 20, IV.).

Einen eigenthümlichen Bau der Ringgefässzellen beobachtet man häufig bei Musa und den beiden Balsaminen, indem dieselben zwischen den Verdickungsschichten eigenthümlich tonnenförmig angeschwollen sind (Fig. 20, V.).

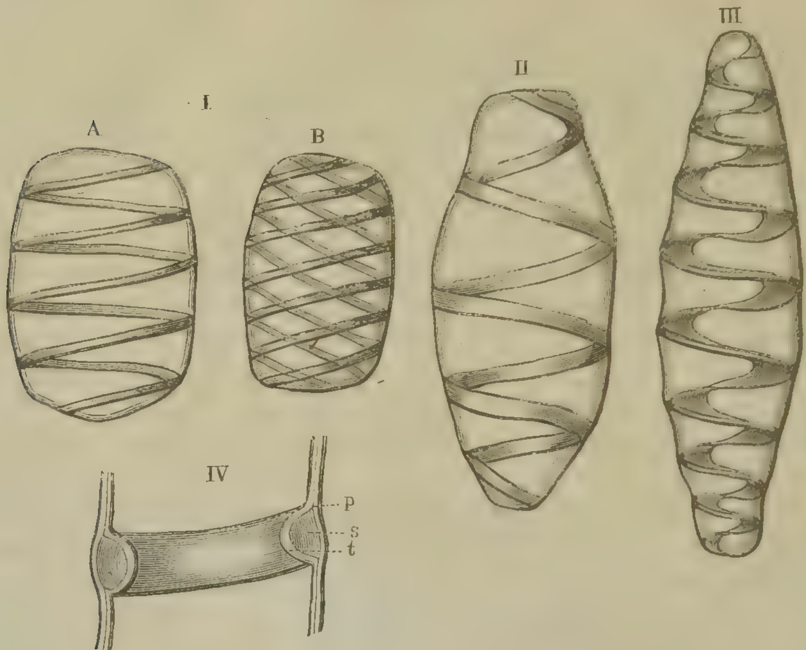
Spiralige Verdickungsschichten. — Die spiralige Verdickungsweise (Fig. 21), welche manchmal nur einseitig, d. h. derart ausgebildet ist, dass sie auf einer oder der anderen Seite der betreffenden Zelle in eine homogene secundäre Verdickung übergeht (Zellen der Lebermooskapsel- und Antherenwände), tritt sowohl in parenchymatischen, als in Gefässzellen, ausserdem in den Schleudern der Lebermoose sehr schön entwickelt auf.

Von den ersteren gewähren die schon erwähnten Zellen des Sphagnumblattes, die unter der Epidermis der Antheren liegenden grossen Spiralfaserzellen (sehr schön bei dem Kürbis, der Lilie, Tulpe), ferner die Zellen aus den Samendecken mancher Labiaten (Salvia, Ocimum u. s. w.), Compositen, (Taraxacum), Polemoniaceen, Laurineen und Hydrocharideen schöne Beobachtungsobjecte, von denen man die letzteren am besten unter Alkohol untersucht, weil das Wasser Quellungserscheinungen hervorruft, welche die Beobachtung stören. Unter den Gefässzellen sind es die der Markscheide zunächst gelegenen, im Alter den ringförmig verdickten folgenden, welche spiralige Verdickungsschichten bilden. Sehr weite Spiralgefässzellen findet man vorzugsweise in den Monokotyledonen (Musa, Canna, Arum, Scindapsus, Phragmites, Tradescantia, Hyacinthus u. s. w.), sodann in den Balsaminen.

Man hat bei den spiralförmigen Verdickungsschichten vorzugsweise auf die Neigung und Richtung ihrer Windungen zu achten. Die erstere zeigt sich als eine bald mehr, bald minder steile, und kann selbst in eine beinahe senkrechte Stellung übergehen. In einzelnen Fällen erscheint sie sogar veränderlich, indem sie entweder an verschiedenen Seiten (vorn und hinten z. B.) oder auf verschiedenen Höhen derselben Zelle wechselt. Die letztere ist — auf das mikroskopische Bild bezogen — in den meisten Fällen eine linksläufige, d. h. es steigt die Spiralfaser von oben betrachtet von Rechts nach Links in die Höhe. (Andere Schriftsteller nennen diese Richtung rechtsläufig, indem sie die Steigung auf die Achse der Spirale beziehen und z B. eine Spirale für rechts gewunden erklären,

wenn man beim Aufsteigen jene zur Rechten hat. Ich halte indessen die gebrauchte Bezeichnungsweise für die anschaulichere). In mehr vereinzelten Fällen trifft man jedoch auch auf rechts gewundene, d. h. von der Linken zur Rechten aufsteigende Spiralen, und zeigt sich sogar ein Wechsel der Richtung in verschiedenen Zellen derselben Pflanze, mögen die-

Fig. 21.



Verschiedene Spiralfaserzellen; I. *A* und *B* aus der Antherenwand von Cucurbita pepo mit einfachem und doppeltem Spiralbande, II. aus Opuntia Tuna mit stark verdicktem, III. aus Mamillaria spec. mit plattenförmigem Spiralbande. — IV. Theil des Längendurchschnitts einer Spiralgefässzelle von Impatiens, um die Structur des Spiralbandes zu zeigen. *p* und *t* primäre und tertiäre Zellhülle, *s* secundäre Verdickungsschicht. Vergr. von I. bis III. 1 : 400, von IV. 1 : 1000.

selben der nämlichen senkrechten Zellenreihe oder verschiedenen Zellenreihen angehören.

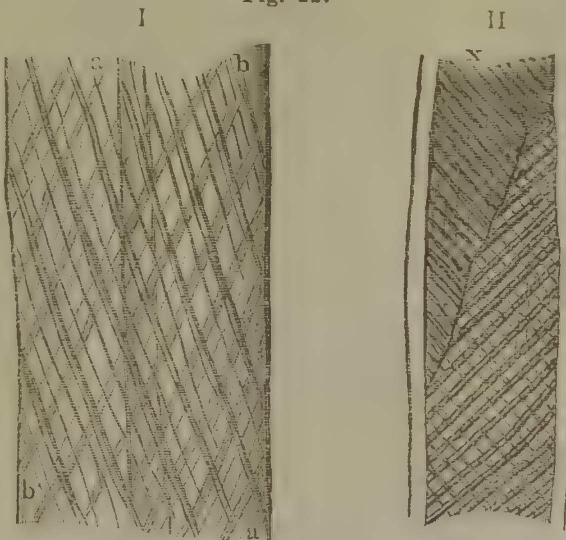
Einen zweiten Punkt, der zu beachten ist, bietet der Bau der Spiralfaser selber. Wo dieselbe in hinreichender Mächtigkeit abgelagert ist, wie z. B. bei Phragmites, Arundo, Impatiens, Balsamina u. s. w., da erkennt man bei ihr denselben Bau, wie bei den Zellstoffhüllen überhaupt, d. h. man unterscheidet leicht eine äussere der primären Zellstoffhülle aufgelagerte und eine innere, die secundäre umschliessende, die tertiäre Verdickungsschicht, welche sich in minderer Dicke auch über die ganze Innenfläche der Zelle fortsetzt (Fig. 21, IV.). Der Zahl der Spiralbänder, welche in einer und derselben Zelle vorkommen, endlich ist die Aufmerksamkeit ebenfalls zuzuwenden. Häufig findet sich nur ein einzelnes, öfter noch begegnet man zwei und in manchen Fällen (Musa, Arum) drei bis

mehreren Bändern, so dass sich die an der vorderen und hinteren Wand aufsteigenden ein- bis mehremal kreuzen (Fig. 21, I. *B*).

Eine eigenthümliche spiralige Verdickung trifft man in den Bastzellen der Apocyneen, Asclepiadeen und Urticeen, von Larix, Calamus Rotang u. s. w., dann in den Holzzellen der Coniferen und zwar vorzugsweise in dem äusseren Theile des Jahresringes, hie und da aber, und dann besonders schön, auch in abnorm verdickten Zellen der inneren Theile einzelner, sich auf dem Durchschnitt mittelst röthlicher Färbung kenntlich machenden Jahresringe des Astholzes an. Hier sind die spiralig verlaufenden Verdickungsschichten in schmäleren oder breiteren Bändern abgelagert, und lassen nur ganz schmale, gleichsam streifenartige unverdickte Stellen zwischen sich. Man hat diese Verdickungsweise, welche einzelne Forscher, wie Meyen, Crüger, Agardh, zu der Ansicht verleitete, dass die Zellstoffhülle aus sogenannten Primitivfasern zusammengesetzt sei, als Streifung der Zellwand bezeichnet, könnte sie aber mit triftigerem Grunde bandartig spiralige Verdickung nennen.

Bei dieser Ablagerungsform kommt für einzelne Arten aus den erstgenannten Familien (Nerium, Cynanchum, Vinca u. s. w.) in verschiedenen Schichtencomplexen links- und rechtswendige Aufsteigung vor, so dass eine wirkliche Kreuzung der Spiralbänder stattfindet (Fig. 22, I.), während bei anderen, z. B. Asclepias syriaca (ob immer?), bei den Bastzellen von Calamus, sowie bei den Holzzellen nur eine einseitswendige Spirale erscheint, und eine Kreuzung nur scheinbar auftritt, wenn man bei Ma-

Fig. 22.

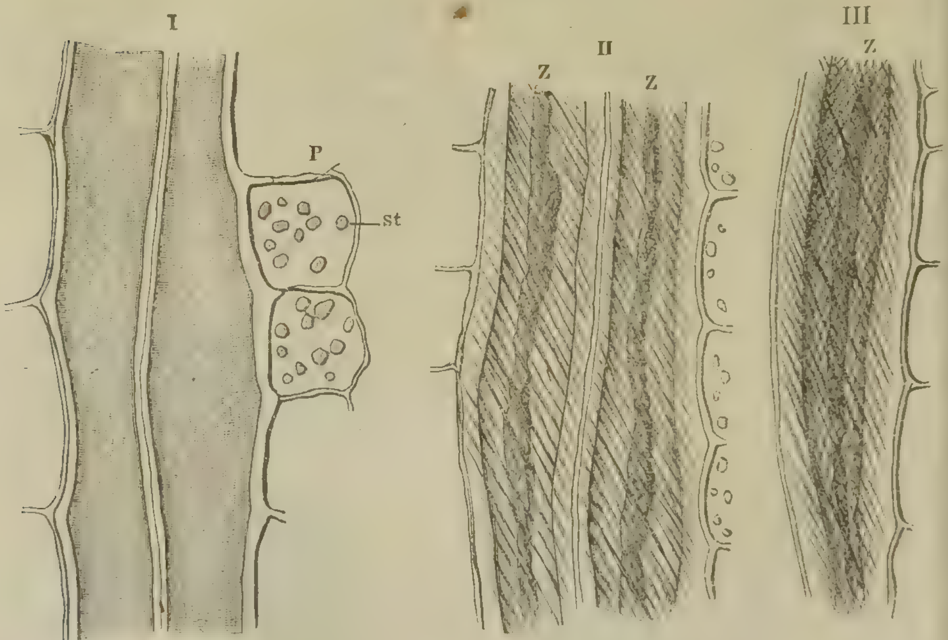


Streifung der Zellstoffhülle. I. Theil einer Bastzelle von Nerium Oleander, *aa* die links aufsteigenden Spiralbänder des äusseren, *bb* jene des inneren secundären Schichtencomplexes. — II. Bruchstück einer abnorm verdickten Holzzelle aus dem inneren Theile des Jahresringes von Pinus silvestris (Astholz) mit rechts aufsteigendem, den inneren secundären Schichten und der tertiären Hüllschicht angehörendem Spiralbande. Bei *xx* wird nur die untere Wand der theilweise durchschnittenen Zelle gesehen. Vergr. 1 : 900.

cerationsproducten, die in der Regel etwas zusammenfallen, etwa auf den optischen Durchschnitt der Zelle eingestellt hat (Fig. 22, II.).

Ein sorgfältiger Gebrauch der feinen Einstellung ist zur sicheren Erkenntniss der hier obwaltenden Structurverhältnisse auf das Dringendste zu empfehlen. Entscheidende Aufschlüsse lassen sich indessen am sichersten durch die Entwickelungsgeschichte der Verdickungsschichten, und zwar entweder mittelst passender Längsschnitte oder mittelst macerirten und isolirten Zellen erlangen. Diese liefert den Beweis, dass die primäre Zellstoffhülle immer ungestreift erscheint (Fig. 23, I.), der erste Complex der secundären Schichten eine einfache Streifung zeigt (Fig. 21, II.)

Fig. 23.



Entwickelungsgeschichte der Streifung der Zellhülle. I. Junge Bastzellen aus Cynanchum vincetoxicum mit protoplasmatischem feinkörnigem Wandbelege und homogener primärer Membran. — II. Bastzellen, welche den ersten links aufsteigend gestreiften Schichtencomplex gebildet haben. — III. Eine Zelle mit zwei Schichtencomplexen, von denen der äussere links, der innere rechts aufsteigende Streifung zeigt. *Z* die Primordialzelle mit Inhalt, *P* Parenchym mit Stärke, *st.* Vergr. 1 : 800.

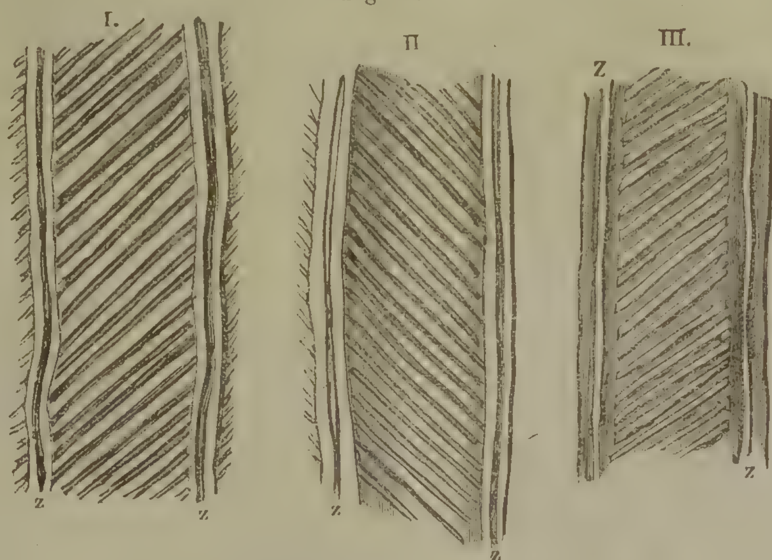
und die rhomboidische Felderung erst mit der Ablagerung des zweiten Complexes letzterer auftritt (Fig. 23, III.). Ausserdem liefern die mittelst Schwefelsäure, Kupferoxydammoniak u. s. w. hervorgerufenen Quellungserscheinungen, namentlich aber auch feine die eine oder andere der betreffenden Zellen halbirende Längsschnitte passende Anhaltepunkte für die Lösung der noch etwa bleibenden Zweifel (Fig. 22, II. *x*).

Nägeli betrachtet dieses Structurverhältniss, ähnlich wie die Schichtenstreifung, als Product einer Differenzirung des Zellstoffes in eine was-

serreiche und wasserarme Modification (siehe die unten citirte Abhandlung).

Zur Entscheidung der Frage, ob die schmaleren, dunklen Streifen durch unverdickte Stellen oder Dichtigkeitsunterschiede hervorgerufen werden, die aber hier nicht wohl einer eingehenderen Erörterung unterworfen werden kann, ist die auf Seite 6 angerathene Beobachtungsweise einzuschlagen. Am besten verwendet man feine, schon durch den Durchschnitt der seitlich gelegenen Wandtheile (Fig. 22, II.) in einzelnen Fällen ganz entschiedene Aufschlüsse gewährende Längsschnitte, durch welche die Zelle geöffnet wird und der Zusatzflüssigkeit ein freier Zugang in das Innere gestattet ist, und beobachtet dieselbe in Wasser, Canadabalsam und Anisöl. Ausserdem empfiehlt sich hier auch die Beobachtung scharf getrockneter Präparate in Luft, wozu man neben Längsschnitten auch durch Maceration isolirte Zellen verwenden kann. Die Entscheidungsgründe bleiben dieselben, wie oben bei der Schichtung, d. h. man hat auf Substanzverschiedenheiten zu schliessen, wenn die optischen Verhältnisse sich unter den verschiedenen Zusatzflüssigkeiten unverändert erhalten oder wenn in der Luft die Streifung undeutlich wird oder verschwindet, es sind dagegen Verdickungserscheinungen anzunehmen, wenn, wie es, soweit meine

Fig. 24.



Bruchstücke dreier Zellen aus dem Astholze von Pin. silv. mit verschiedenen Zusatzflüssigkeiten und zwar: I. in Luft, II. unter Canadabalsam, III. unter Anisöl beobachtet (während Fig. 44 II. als Typus dieser Configuration unter Wasser und wässerigen Flüssigkeiten gelten kann. I. und III. Ansicht der oberen, II. Ansicht der unteren Wand, z, z durch Auflösung der Intercellularsubstanz hervorgerufene Zwischenräume. Vergr. 1 : 1200.

Beobachtungen reichen, wirklich der Fall ist, die optischen Verhältnisse sich den umgebenden Flüssigkeiten gemäss ändern, unter Luft die dunkelen Streifen stärker hervortreten, unter Canadabalsam nahezu ver-

schwinden, unter Anisöl sich in glänzende Streifen verwandeln, während die Verdickungsbänder dunkler erscheinen.

Die Quellungserscheinungen, bei denen sich meistens die durch die verschiedene Dichtigkeit der Schichtlamellen hervorgerufenen mit den in den einzelnen Spiralbändern eintretenden combiniren und bei denen man nur selten den Verlauf der letzteren möglichst ungetrübt beobachten kann (Fig. 25), können hier wenig entscheidend werden (Fig. 25).

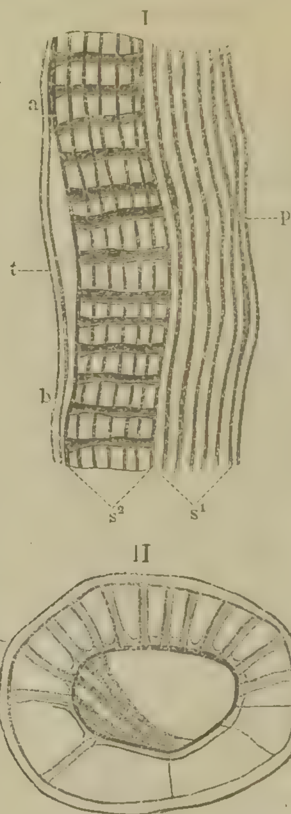
Dagegen liefert die Betrachtung von günstig gerichteten (etwas schiefen, zur Richtung der Spirale senkrechten Längs- und Querschnitten den Beweis, dass man es hier mit einer Verdickungsform zu thun hat. Wo dieselbe vorhanden ist (Fig. 26, I.), fehlt nämlich in den durch die Nichtverdickung der Zellstoffhülle veranlassten Stellen die Schichtung, welche in den Durchschnitten der Verdickungsbänder deutlich hervor-

Fig. 25.



I. Eine Bastzelle von Nerium Ol., mit Kupferoxyd-Ammoniak behandelt. *s′s′* Spiralbänder der äusseren, *s″s″* dergleichen des inneren Schichtencomplexes, die ersteren beinahe gelöst, die anderen in Lösung begriffen. *t* tertiäre Zellschicht. Vergr. 1 : 800.

Fig. 26.



I. Ein etwas schief geführter Längsschnitt einer Bastzelle von Nerium. *p* primäre, *t* tertiäre Hüllschicht, s^1 äusserer, s^2 innerer secundärer Schichtencomplex, in dem die Schnittrichtung nahezu senkrecht zur Streifung, die Einstellung bei *b* genau, bei *a* minder scharf ist, so dass im letzteren Bezirke auch die unverdickten Stellen geschichtet scheinen. II. Schiefer Querschnitt einer abnorm verdickten gestreiften Zelle des Frühlingsholzes von Pinus silv., bei dem die tertiäre Hülle *t* nur in den hellen den Verdickungsbändern entsprechenden Stellen zu beobachten ist. Vergr. 1 : 1500.

tritt, gänzlich. Es treten daher bei genauer Einstellung die unverdickten Partieen, je mehr die Schnittrichtung senkrecht zur Spirale, desto entschiedener und deutlicher als ununterbrochen verlaufende Streifen hervor (Fig. 26, I. s^2 bei *b*). Wo dagegen sichtbare Schichtung fehlt und die unverdünnten Stellen etwas breiter sind, wie bei den erwähnten Holzzellen der Coniferen, da kann man entweder das Eindringen der jüngsten, stärker lichtbrechenden Verdickungsschicht in die, Porencanälen ähnlichen, Unterbrechungsstellen der secundären Verdickung oder doch deren alleiniges Vorkommen an dem Innenrande der Spiralbänder auf das Deutlichste erkennen (Fig. 26, II.) *).

Inwieweit die an manchen Algen (Cladophora, Chaetomorpha, Valonia, Chamaedoris u. a.) beobachteten Streifungen hierher gehören, erscheint mir fraglich, da ich zur Entscheidung des nöthigen Materials entbehre.

Bei Cladophora fracta, wo die Längsstreifung entschieden der Scheide d. h. der älteren Mutterzellhüllengeneration angehört und sich über die einzelnen Zellen forterstreckt, wird dieselbe, soviel ich zu beurtheilen vermag, durch Faltung hervorgerufen, wie dies von Caspery auch für andere Zellmembranen nachgewiesen wurde. Für die Untersuchung dieser Verhältnisse ist indessen die eben beschriebene Beobachtungsweise einzuschlagen.

Netzförmige Verdickungsschichten. — In den parenchymatischen Zellen sind die netzförmigen Verdickungsschichten weit häufiger zu beobachten, als die spiralförmigen. Man trifft dieselben in dem Blattgewebe mancher Gesneriaceen, Liliaceen, in den Spiralfaserzellen der Lebermooskapseln und Antheren, in dem Collenchym des Hollunders, in den Samendecken der Seite 73 genannten Familien. Vereinzelt habe ich sie auch wunderschön in dem Rindengewebe der Gartenbalsamine gefunden. In den Gefässzellen fehlen dieselben bei den Dikotyledonen ebensowenig, als die spiralförmigen Formen, wogegen sie bei den Monokotyledonen oft nicht vorhanden zu sein scheinen.

Bei den ersteren Pflanzen folgen die Gefässzellen mit netzförmigen Verdickungsschichten stets im Alter denen mit Spiralbändern, und bieten namentlich die Balsamine, der Kürbis und die als Zierpflanze überall verbreitete Brugmansia suaveolens (Datura arborea) sehr vortreffliche Objecte für die Beobachtung.

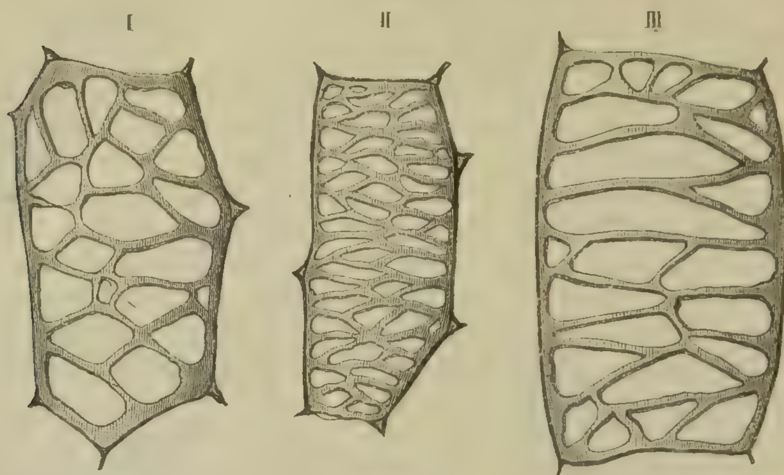
Poröse Verdickungsschichten. Die poröse Verdickungsweise hat von allen die weiteste Verbreitung, und es findet sich wohl kaum eine Zellenart höherer Gewächse, bei der man sie nicht beobachtet. Sie tritt sowohl bei sehr zarten, als bei starken secundären Verdickungsschichten auf. Während bei den ersteren, wofür die meisten Parenchymzellen Bei-

*) Auf dies letztere Verhalten machte ich meinen verstorbenen Freund Schacht schon vor dem Erscheinen der dritten Auflage des Mikroskopes aufmerksam, ohne dass er bei dem schon vollendeten Druck diese Mittheilung noch hätte berücksichtigen können.

spiele liefern, die Poren in Form eines kleinen, flachen Ringes erscheinen, lassen die anderen auch von oben betrachtet einen tieferen cylindrischen oder spaltenförmigen Canal, den sogenannten Porencanal, bemerken.

Man kann die Poren ihrem Baue nach in zwei grosse Abtheilungen bringen, von denen die eine die geschlossenen, die andere die offenen Poren umfasst. Ursprünglich sind alle Poren geschlossen, d. h. es

Fig. 27.



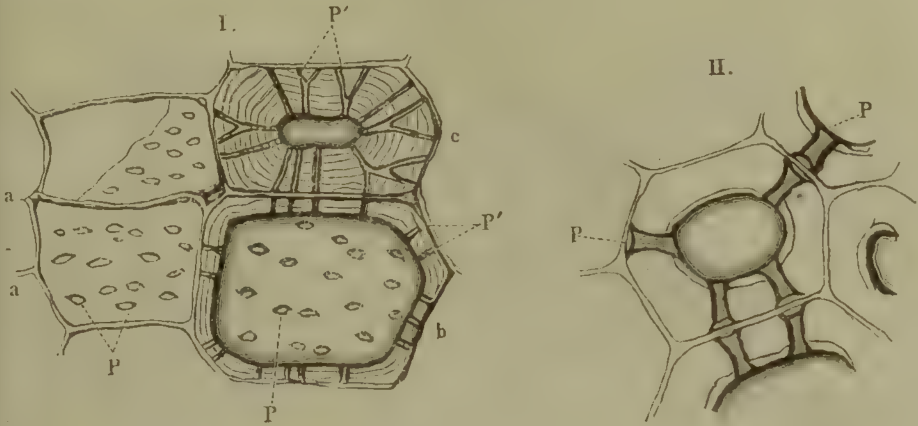
Netzförmig verdickte Zellen. I. Parenchymzelle aus dem Blatte von Sanseriera guyanensis. — II. Parenchymzelle aus der häutigen Scheide der Frucht von Iuglans regia. — III. Gefässzelle aus dem Stengel von Impatiens noli tangere. Bei allen dreien wurde die obere Wand gezeichnet. Vergr. von I. u. II. 1 : 660, von III. 1 : 370.

werden die Porencanäle, welche bei den sich berührenden Zellen stets miteinander correspondiren, von den primären Zellstoffhüllen geschieden. Der offene Porus entsteht, wo er vorkommt, erst später, wenn die betreffenden Zellen nur Luft führen, durch Resorption der primären Zellstoffhülle.

Geschlossene Poren finden sich bei allen den Zellenarten, welche bestimmt sind, Reservestoffe zu bereiten und aufzubewahren. Sie gehören vorzugsweise dem Parenchym an und werden bei demselben nie vermisst. In der Regel ist der Porencanal cylindrisch (Fig. 28, I.); hie und da verengert er sich nach Aussen und erscheint dann conisch; in anderen Fällen (Fig. 28, II.) erweitert er sich gegen den Grund etwas. Am Grunde sind auch die geschlossenen Poren etwas erweitert, so dass die eigentliche Oeffnung noch von einem zweiten Kreise umschlossen, behöft erscheint, wovon man sich namentlich durch Anwendung starker Vergrösserung — bei höchst gelungenen Schnitten — oder durch die Betrachtung von Oben überzeugen kann. Bei sehr stark verdickten Parenchymzellen verästeln sich die Porencanäle oft in der mannigfaltigsten Weise (Fig. 28, I.), was bei passenden Schnitten äusserst zierliche Bilder

gewährt. Solche verästelte Porencanäle trifft man vorzugsweise in den stark verdickten und verholzten Parenchymzellen der steinigen Concre-

Fig. 28.



Poröse Zellen mit geschlossenen Poren. I. Markzellen aus Hoja carnosa, bei *aa* schwach verdickt und unverholzt, bei *b* stärker, bei *c* sehr stark verdickt und verholzt. *PP* Poren von oben gesehen, *P'P'* Porencanäle. — II. Albumenzelle nebst Theilen der angrenzenden Zellen von Phytelephas mit am Ausgange etwas erweiterten Porencanälen *PP*. Vergr. 1 : 370.

tionen der Winterbirne, der Samenschale des Steinobstes, der Wallnuss, des Markes und der Rinde von Hoya carnosa, der Rinde mancher Laub- und Nadelhölzer (Esche, Tanne u. s. w.) (Fig. 28), ferner in den Albumenzellen von Phytelephas.

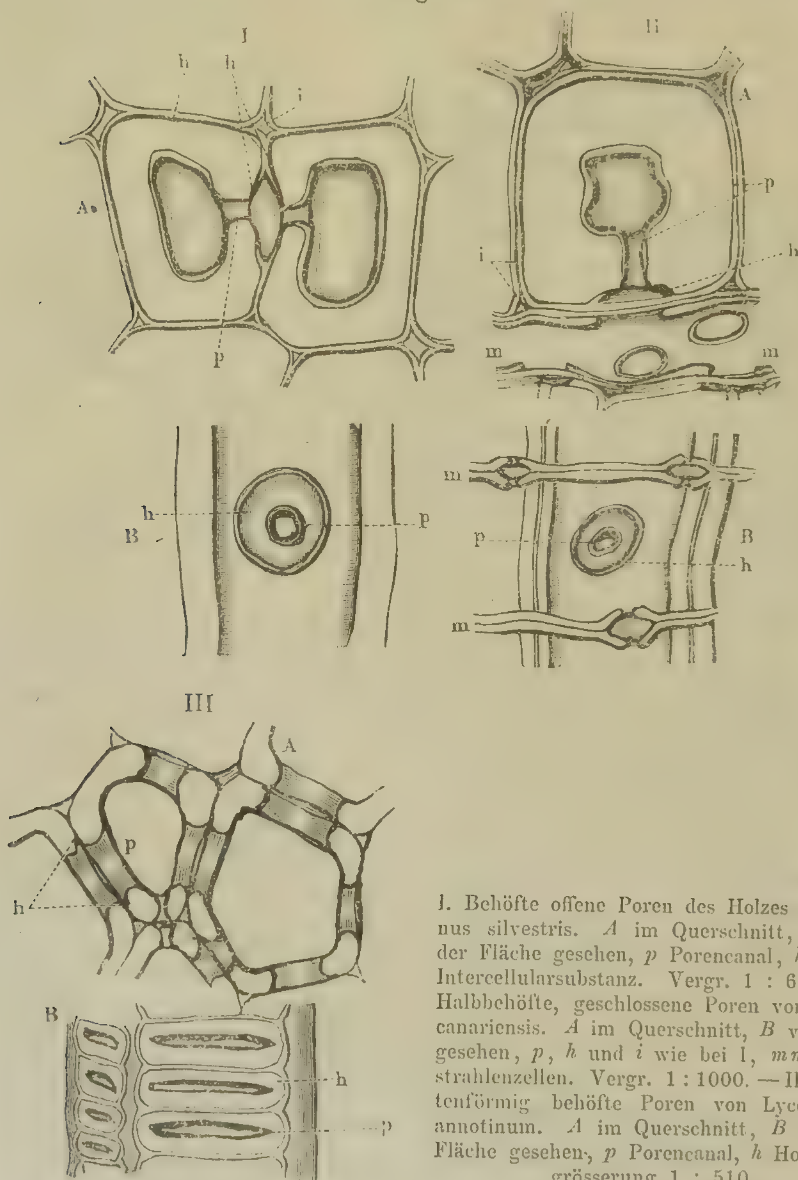
Offene Poren, deren Porencanal am Grunde immer mehr oder minder deutlich erweitert ist, die also auch stets behöfte Poren (oder nach manchen Autoren behöfte Tüpfel) bilden (Fig. 29, I.), findet man bei allen jenen Zellenarten, welche, nachdem sie eine bestimmte Ausbildung erreicht und ihre sämmtlichen Verdickungsschichten gebildet haben, nur Luft führen. Sie sind bei den meisten Holzzellen und nach meinen Beobachtungen allen Bastzellen sowie bei sämmtlichen Gefässzellen des Holztheiles der Gefässbündel zu finden. Häufig wird allerdings, namentlich bei den Bastzellen, sowie bei manchen Holzzellen, die Erweiterung am Grunde so unbedeutend und somit der Hof so klein, dass er einer minder sorgfältigen Beobachtung entgeht und man etwa von scheinbar unbehöften Poren sprechen könnte.

Bei den Gefässzellen treten die behöften, offenen Poren ausser auf den Seitenwänden auch auf der Querscheidewand entweder als kleinere (Ephedra) oder grössere (Esche, Buche, Ahorn u. s. w.) auf, und stellen so die offene Communication derselben her.

Halb behöfte, geschlossene Poren, bei denen bloss der eine Porencanal am Grunde deutlich erweitert, der andere nahezu von der Weite des Hofes ist, zeigen sich bei den vorgenannten Zellenarten überall da, wo dieselben an Parenchymzellen grenzen (Fig. 29, II., a. f. S.).

Erscheint der Hof sowohl, als der Porencanal bedeutend in die Länge gestreckt, so entsteht jene poröse Verdickungsform, welche man als die

Fig. 29.



I. Behöfte offene Poren des Holzes von Pinus silvestris. *A* im Querschnitt, *B* von der Fläche gesehen, *p* Porencanal, *h* Hof, *i* Intercellularsubstanz. Vergr. 1 : 660. II. Halbbehöfte, geschlossene Poren von Pinus canariensis. *A* im Querschnitt, *B* von oben gesehen, *p*, *h* und *i* wie bei I, *mm* Markstrahlenzellen. Vergr. 1 : 1000. — III. Spaltenförmig behöfte Poren von Lycopodium annotinum. *A* im Querschnitt, *B* von der Fläche gesehen, *p* Porencanal, *h* Hof. Vergrösserung 1 : 510.

treppen- oder leiterförmige bezeichnet hat (Fig. 29, III.), zu der auch die gleichbenannte Durchbrechung der Gefässscheidewand bei Viburnum, Buxus, Lonicera u. s. w. zu rechnen ist. Dieselbe tritt namentlich bei den Gefässzellen der höheren Kryptogamen und Monokotyledonen auf. Sie findet sich aber auch an den Gefässzellen in der Markscheide der Nadelhölzer, sodann an den porösen Gefässen vieler Dikotyledonen, wie des

Weinstockes und Gummibaumes (Urostigma elasticum, Ficus elastica), der Balsamine, des Schöllkrautes u. s. w.

Ungleichartige Verdickungsschichten. — Eine eigenthümliche Vereinigung der porösen Verdickungsform mit der spiralförmigen, deren wir schon vorübergehend gedacht haben, findet sich bei manchen Holz- (Taxus, Viburnum Lantana, Cytisus u. s. w.) und Gefässzellen (Tilia, Lonicera, Viburnum, Lantana, Acer u. s. w.). Hier entsteht nach der Ausbildung der behöften Poren ein weit gewundenes Spiralband als tertiäre Verdickungsschicht (Fig. 30).

Fig. 30.



Theil einer spiralig-porösen Gefässzelle von Lonicera caprifolium. Vergr. 1 : 660.

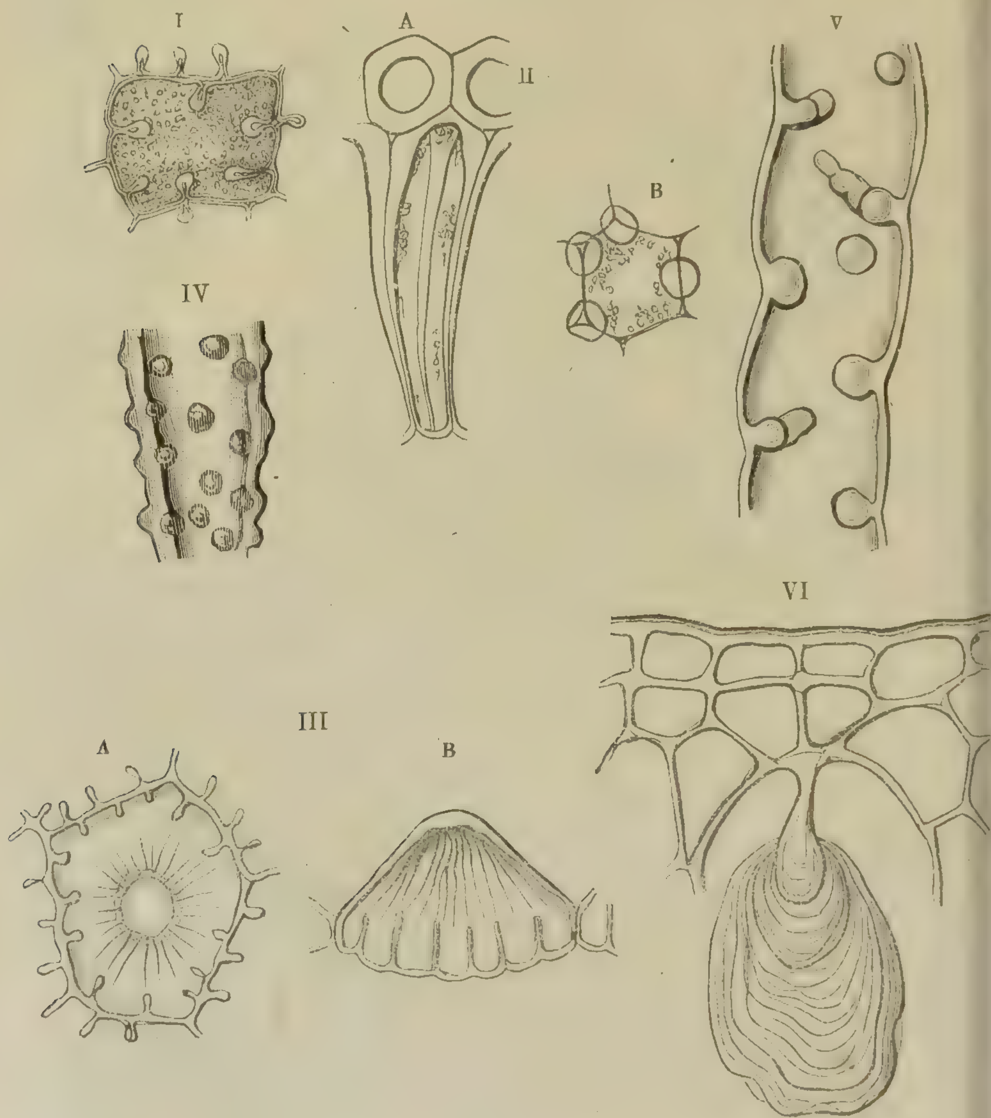
Leistenartige und andere Verdickungsschichten. Einige eigenthümliche Verdickungsformen finden sich — von den nach Aussen auftretenden mannigfaltigen Verdickungsweisen der Pollen- und Sporenzellen, welche wir später näher betrachten werden, abgesehen — in dem Parenchym der Blätter einiger Nacktsamer, in den Oberhautzellen mancher Blumenblätter, sowie in den Oberhaut- und Haarzellen einzelner Pflanzen. Bei den ersteren, und zwar bei Pinus silvestris und Cycas revoluta bilden die Verdickungsschichten auf dem Querschnitt mehr oder minder weit in das Lumen vorspringende Zapfen oder halbrunde Hervorragungen, indem sie sich entweder (Pinus silvestris), ähnlich wie bei den Poren der Holzzellen, auf einer Falte der primären Zellstoffhülle oder (Cycas) auf deren Fläche unmittelbar stärker abgelagert haben (Fig. 31, I. u. II., a. f. S.). Der Längsschnitt lässt dann auch erkennen, dass man es hie und da wirklich mit grossen Ringen zu thun hat, die den Poren auf dem Blatte der Sphagnum-Arten gleichen, in anderen, und zwar den meisten Fällen dagegen Längsfalten gebildet werden, während bei Cycas solide, der ganzen Zellenlänge folgende, nach oben sich etwas verdickende Leisten vorhanden sind (Fig. 31, II., *B*).

Bei den Blumenblättern sind es vorzugsweise die papillenartigen Oberhautzellen, welche eine der eben beschriebenen ähnliche Faltung der primären Zellstoffhülle nebst secundärer Ablagerung zeigen, welche mehr oder minder weit in das Zelleninnere reicht. Besonders schön fand ich dieselben bei den Pelargonien, wo sich von den am Grunde befindlichen, weniger zahlreichen Vorsprüngen, zahlreichere feinere Fäden nach dem ziemlich stark verdickten Gipfelpunkt der Papille ziehen, der auf dem Flächenschnitt fast wie ein mit Plasmafäden umgebener Zellkern erscheint (Fig. 31, III.).

Bei den Haargebilden bestehen die verdickten Stellen aus knotenförmigen, bald unregelmässig zerstreuten, bald in an eine Spirale erinnernde

Reihen geordnete Hervorragungen nach Aussen (Fig. 31, IV.), oder nach Innen (Wurzelhaare von Marchantia) (Fig. 31, V.). In den Oberhautzellen der Blätter vieler Urticeen, Moreen und Justicien endlich ist die

Fig. 31.



I. Zelle aus dem Querschnitte der Nadel von Pinus silvestris mit scheinbar kolbenartiger Verdickung der Zellstoffhülle. — II. Cylindrische Parenchymzelle nebst angrenzenden Zellen aus der Oberseite des Blattes von Cycas revoluta mit leistenartigen Verdickungsschichten. *A* im Längsschnitt, *B* im Querschnitt. — III. Eigenthümlich verdickte Oberhautzellen des Blumenblattes von Pelargonium. *A* von oben gesehen, *B* im Querschnitt — IV. Theil einer warzig verdickten Haarzelle aus der Oberhaut des Blattes von Deutzia scabra. — V. Theil einer Wurzelhaarzelle von Marchantia polymorpha mit nach Innen vorspringender warziger Verdickung. — VI. Traubenkörper aus dem Blatte von Urostigma elasticum. Vergr. 1 : 370.

Verdickung gleichsam auf einen Punkt der Zellstoffhülle beschränkt, wuchert dann aber so bedeutend, dass verhältnissmässig massige sphäroidische oder spindelförmige Zellstoffkörper (Cystolithen) entstehen, welche von Kalkkryställchen inkrustirt erscheinen (Fig. 31, VI.).

Zum genauen Studium der verschiedenen Structurverhältnisse der secundären Verdickungsschichten müssen für Parenchym, Holz und Bast sämmtliche drei Arten von höchst gelungenen Schnitten, bei den Blattgebilden neben Durchschnitten Streifen der Oberhaut, welche entweder mittelst einer Pincette abgezogen, oder durch einen Flächenschnitt gewonnen sind, verwendet werden. Ausserdem aber ist es erforderlich, die betreffenden Zellen sowohl zur Beobachtung des rein optischen Verhaltens, als der Reactions- und Quellungserscheinungen durch Maceration aus ihrem Verbande zu lösen, unter dem einfachen Mikroskope auszusuchen und durch Drehung um ihre Achse von allen Seiten zu betrachten.

Wo die secundären Verdickungsschichten in so geringer Mächtigkeit abgelagert sind, dass man die verdünnten Stellen poröser und hie und da auch netzförmiger Zellen nicht klar genug erkennt, da gewährt die Färbung der Zellstoffhülle mittelst Chlorzinkjodlösung, oder Jod-Jodkaliumlösung und Schwefelsäure in der Regel die gewünschte Aufklärung, indem die verdickten Stellen eine intensivere, die verdünnten eine schwächere Färbung zeigen, so z. B. bei den netzförmig verdickten Zellen aus dem Stengel der Gartenbalsamine.

Entstehung der Verdickungsformen.

Entstehung der spiraligen und netzförmigen Verdickungsschichten. — Die Entstehung der spiraligen sowohl, als der netzförmigen Verdickungsschichten habe ich in neuerer Zeit auf das Ueberzeugendste erkannt und gefunden, dass dieselbe mit den Wandströmchen des Protoplasmas im Zusammenhang steht. Eine weitläufigere Darlegung der Entwickelungsgeschichte habe ich an einem anderen Orte mitgetheilt. Hier muss ich mich auf die einfache Andeutung der Stufenfolge im Entwickelungsgange beschränken, und kann nur die einschlägigen Untersuchungen als ein fruchtbares, wenn auch schwieriges Feld mikroskopischer Beobachtung empfehlen.

Als die geeignetsten Objecte zu letzterer möchten sich wohl die Schleuderzellen der Lebermoose erweisen, und hat man dieselben von ihrer ersten Differenzirung an bis zur völligen Ausbildung des Spiralbandes zu studiren. Gleich brauchbare Objecte bieten sich in den Spiralfaserzellen aus der Kapselwand der Lebermoose, sowie aus der Wand der Antheren, in denen die Ablagerungsschichten erst dann entstehen wenn dieselben schon ein ziemlich grosses Volumen erreicht haben. Die Antheren der Lilien sowie des Kürbis sind wegen ihrer Grösse und leichten Beschaff-

barkeit besonders empfehlenswerth. In den Gefässzellen, wo die Spiralfasern schon sehr früh in den jüngsten Internodien entstehen, ist die Beobachtung, wenn irgend möglich, immer höchst schwierig durchzuführen. Ein geeignetes Material bieten jedoch solche Pflanzen, wo die betreffenden Verdickungsschichten auch noch in späteren Stadien entstehen, wenn die betreffenden Zellen schon eine ziemlich bedeutende Ausdehnung erreicht haben. Dieses ist namentlich der Fall bei den weiten Spiralgefässen der Gartenbalsamine, ebenso bei den netzförmigen Gefässen dieser Pflanze und der Brugmansia suaveolens. Auch bei den Gefässen der Linde und des Geissblattes lässt sich vielleicht der Entwickelungsprocess bei den als tertiäre Verdickungsschicht auftretenden Spiralbändern im Cambium verfolgen.

Die Schleuderzellen in der jungen Frucht von Fegatella conica sind, solange sie noch wenig in die Länge gestreckt erscheinen, mit einem gleichmässigen Stärkekörnchen einschliessenden Wandbelege von Protoplasma erfüllt; sobald die Streckung etwas weiter fortschreitet, entstehen in dem letzteren grössere und kleinere Vaccuolen, in denen man schon eine Andeutung der Richtung der späteren Wandströme erkennt (Fig. XXVI, I.). Zellen in einem Entwickelungsstadium der Fig. XXVI, II. u. III. zeigen eine entschieden spiralige Anordnung des Protoplasmas, wobei sich in der feinkörnigen Masse nur noch kleinere, vereinzelte Stärkekörner befinden, die allmälig verschwinden, so dass der langsam sich bewegende Wandstrom nun aus einer mehr feinkörnigen Masse besteht, die, wo sie der ursprünglichen Zellhaut sich anlagert, mehr und mehr homogen wird. Lässt man auf solche Entwickelungszustände ein endosmotisches Reagens wirken, so zieht sich die ursprüngliche Zellhaut (Primordialschlauch) sammt den Protoplasmaströmchen zusammen, ohne dass die letzteren eine wesentliche Störung erleiden (Fig. XXVI, IV.). Etwas spätere Zustände lassen das aus Zellstoff bestehende zarte Spiralband in schwachen Umrissen erkennen (Fig. XXVI, V.) und es bleibt dasselbe als homogene, bandartige Schicht an der Zellstoffhülle haftend, wenn man den Inhalt sammt der ursprünglichen Wand von derselben ablöst (Fig. XXVI, VI.). Nach einiger Zeit verschwindet der körnige Inhalt vollständig und es hat dann das doppelte Spiralband seine Ausbildung erreicht (Fig. XXVI, VII.). In ganz ähnlicher Weise wie bei Fegatella conica erfolgt die Bildung des Spiralbandes in den Schleudern der Pellia epiphylla.

Als ein weiteres Beispiel der hier in Frage kommenden Entwickelungsvorgänge füge ich noch in den Figuren XXVII, I. bis VII. und XXVIII, I. bis III. die Entstehung der Verdickungsschichten in den Zellen der Kapselwand von Marchantia und in den netzförmigen Gefässzellen der Balsamine bei, worüber die Erklärung der Tafel den erforderlichen Aufschluss gewähren wird, und verweise für das Weitere auf meine unten citirte Arbeit.

Für die Beobachtung der Entwickelungsgeschichte dieser und ähnlicher Structurverhältnisse sind nicht zu zarte, unverletzte Zellen enthal-

tende Schnitte parallel mit der Achse der Kapsel und quer durch die Antheren, sowie ähnlich beschaffene Längsschnitte aus dem Stengel der genannten Pflanzen zu nehmen. Als Zusatzflüssigkeit empfehlen sich die Seite 271 u. flgd. des ersten Bandes genannten, weil schon die geringste Störung im Inhalte der Zellen die Beobachtung beeinträchtigt.

Entstehung der Poren. — Die Entwickelungsgeschichte der behöften, offenen Poren ist erst in der neueren Zeit in das gehörige Licht gesetzt worden. Man studirt dieselbe mit dem meisten Erfolge in der Cambiumschicht von Wurzeln oder kräftigen Trieben unserer Nadelhölzer, weil da die Poren und Höfe verhältnissmässig sehr gross sind. Zarte Quer- und Tangentenschnitte lassen daselbst alle Entwickelungsstufen von der ersten schwachen Einfaltung der primären Zellstoffhülle an durch die, mittelst weiter fortschreitender Einfaltung erfolgende Verbreiterung des Hofraumes und Verengerung des Porencanales bis zur Vollendung der Poren mit ihren in Folge der secundären Wandverdickung immer enger gewordenen Porencanälen und zur Resorption gelangten Scheidewänden erkennen (Fig. 32, I., a. f. S.). Radiale Längsschnitte tragen ausserdem wesentlich zum Verständniss der an den ersten Arten von Schnitten gewonnenen Resultate bei (Fig. 52, II., a. S. 96). Für die Entstehungsgeschichte der grossen Poren, vermittelst welcher die Gefässscheidewände durchbrochen werden, eignet sich namentlich die Esche, die Felsenbirne sowie der Ahorn u. s. w. und zwar wählt man am besten die engeren in dem äusseren Theile des Jahresringes sich entwickelnden Gefässe.

Die Entwickelungsgeschichte der geschlossenen Poren stimmt im Wesentlichen mit der der offenen überein. Lässt auch die Betrachtung fertiger Zustände die Verhältnisse in kaum genügender Weise erkennen, so geben doch — wie ich mich bei Clematis zu überzeugen Gelegenheit hatte — die frühesten Entwickelungszustände, welche der Ablagerung der ersten secundären Verdickungsschicht vorausgehen, den erforderlichen Aufschluss und beweisen, dass die Anlegung der Poren auch hier von der primären Zellstoffhülle ausgeht.

Eigentliche Löcher der Zellstoffhülle ohne vorhergegangene Porenbildung finden sich nur bei den Sporenmutterzellen der Algen und Pilze (Oedogonium, Vaucheria, Spirogyra, Saprolegnia, Peronospora u. s. w.). Die früher für Löcher gehaltenen Oeffnungen in den Zellen des Sumpfmooses sind wahre offene und behöfte Poren, wie man sich namentlich durch deren Entstehungsgeschichte überzeugen kann, indem sie ursprünglich durch die zarte primäre, erst später resorbirt werdende Zellstoffhülle geschlossen sind.

Purkinje: De cellulis antherarum fibrosis etc. Breslau 1830.
H. v. Mohl: Ueber die fibrosen Zellen der Antheren. Flora 1830. S. 697; und Vermischte Schriften S. 62.
H. v. Mohl: Erläuterung und Vertheidigung etc. 1836.
Meyen: Neues System der Pflanzenphysiologie. Bd. I, S. 12 u. flgd. 1837.

H. v. Mohl: Untersuchungen über die porösen Zellen von Sphagnum. Dissertation 1837. Vermischte Schriften, Seite 294. — Ueber den Bau der vegetabilischen Zellmembran. Dissertation 1837. Vermischte Schriften, S. 314.

Schleiden: Wiegmanns Archiv 1839, Bd. I, S. 253, und Beiträge zur Botanik, S. 60 u. 81. Ueber den Bau der Zellmembran bei Moosen und Lebermoosen. Ueber die Spiralzellenschicht in der Frucht der Laurineen.

Derselbe: Bemerkungen über Spiralbildungen in den Pflanzenzellen. Flora 1839, Nro. 47. 48. Beiträge zur Botanik, S. 185.

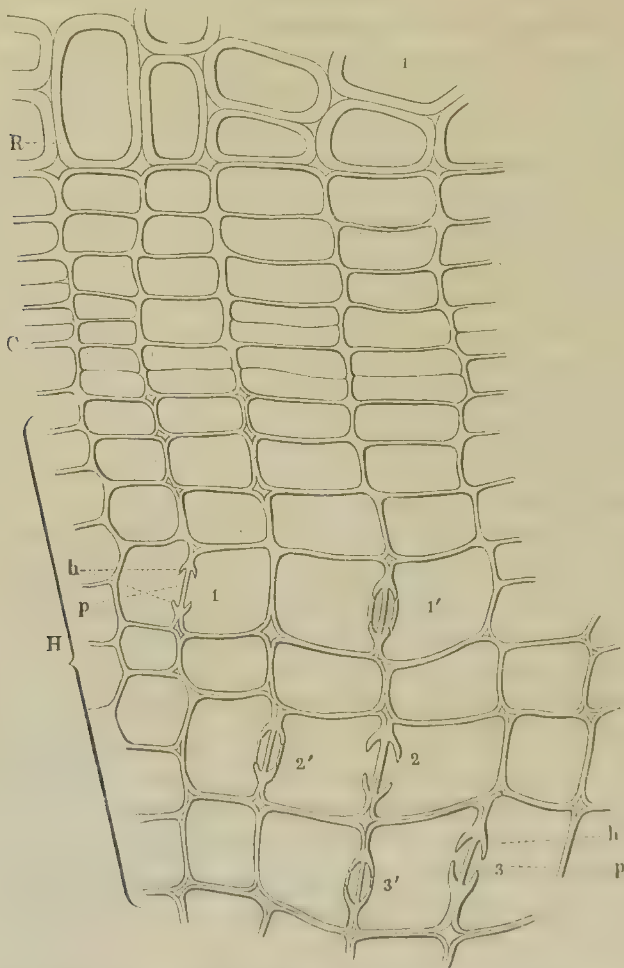
H. v. Mohl: Ueber den Bau der Ringgefässe. Flora 1839. Vermischte Schriften S. 285.

Pringsheim: De forma et incremento stratorum crassiorum in plantarum cellula observationes quaedam novae. Linnaea 1848, S. 145.

Agardh: De cellula vegetabili febrilis tenuissimis contexta. Lundae 1852.

H. v. Mohl: Ueber die Zusammensetzung der Zellmembran aus Fasern. Botanische Zeitung 1853, S. 753.

Fig. 32 I.



Entstehung der Poren der Holzzellen von Pinus silvestris. I. Querschnitt, II. radialer Längsschnitt durch einen jungen Trieb. *B* Bast, *C* Cambium, *H* Holz, *mm* Markstrahlen, 1 u. 1′ die jüngsten Zustände der Poren, *h* eben gebildete Falte der primären Zellstoffhülle, *p* die primäre Zellhülle, welche die Scheidewand bildet, 2 und 2′ weiter fortgeschrittene Poren mit breiterem Hofe. 3 u. 3′ Poren mit fertigem Hofe, so dass die

Caspary: Ueber Streifung der Zellwand, verursacht durch Wellung. Bot. Zeitung 1853, S. 801.

H. Crüger: Die Primitivfaser. Botanische Zeitung 1854, S. 57 u. 833.

Schacht: Ueber die Verdickungsweise der Zellwand. 1. Welcher Art ist die Bildung der Verdickungsschichten, sind es wirklich Primitivfasern u. s. w.? und 3. Sind die Formen der Verdickungsschichten, die Spiralbänder, Ringe u. s. w. allein als die Folge der Lebenserscheinungen etc. zu betrachten, oder u. s. w.? Beiträge zur Anatomie und Physiologie 1854, S. 221 u. 248.

H. Crüger: Zur Entwickelungsgeschichte der Zellwand. Botanische Zeitung 1855, S. 601.

A. Wigand: Ueber die feinste Structur der vegetabilischen Zellmembran. Schriften der Gesellschaft zur Beförderung der gesammten Naturwissenschaften zu Marburg 1856.

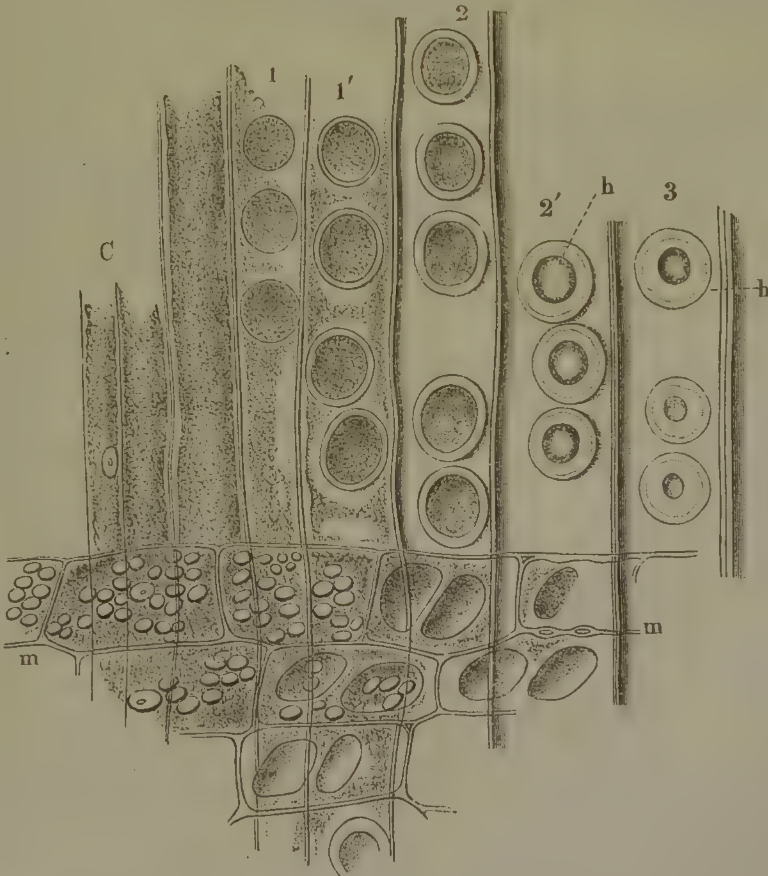
Schacht: Ueber Tüpfelbildung. Botanische Zeitung 1859, und De Maculis, Bonn 1860.

Sanio: Ueber den Bau des Tüpfels und Hofes. Botanische Zeitung 1860, S. 193. — Ueber die tertiäre Verdickungsschicht der Holzzellen. Ebendaselbst, S. 201.

Dippel: Ueber die Entstehung und den Bau der Tüpfel. Botanische Zeitung 1860. S. 329.

C. Nägeli: Ueber den inneren Bau der vegetabilischen Zellmembran. Sitzungsbe-

Fig. 32 II.



weitere Verengerung des Porencanales nur noch durch Ablagerung neuer Verdickungsschichten erfolgt. Bei 1′, 2′ und 3′ ist der Schnitt nicht durch die Mitte geführt, so dass der untere Theil des linsenförmigen Hohlraumes 1′, oder die untere Wand 2′ und 3′ des Porencanales sichtbar ist. Vergr. 1 : 660.

richte der königl. bayerischen Akademie der Wissenschaften 1864. 1. Heft IV. S. 282. 2. Heft II. S. 114.

Dippel: Die wandständigen Protoplasmaströmchen und deren Verhältniss zu den secundären Verdickungsschichten. Besonderer Abdruck aus den Abhandlungen der naturforschenden Gesellschaft zu Halle 1866.

Ausserdem findet sich hierher Bezügliches in den betreffenden Abschnitten der oben erwähnten Lehr- und Handbücher von Schleiden, v. Mohl, Unger und Schacht.

3. Chemische Umbildungen der Zellstoffhülle.

Sämmtliche Schichten der über der ursprünglichen Membran der Zelle abgeschiedenen Zellhülle, die man als Zellmembran zu bezeichnen gewohnt ist, bestehen, wie wir bereits in dem vorhergehenden Paragraphen gesehen haben, aus einem der Stärke isomeren Kohlehydrate, welches sich durch die blaue oder violette Färbung auszeichnet, die in Folge der Einwirkung von Jod und Schwefelsäure, von Chlorzinkjodlösung, oder von ähnlichen aus Jod und einem Jodmetalle bestehenden Verbindungen, hie und da sogar schon nach der Behandlung mit Jodlösung allein hervortritt.

Bei den meisten Parenchymzellen erhält sich diese Beschaffenheit der genannten Verbindung während des ganzen Lebens in mehr oder minder grosser Reinheit (Fig. XXXVII. bei *a*). Bei anderen Parenchymzellen dagegen (Holzparenchym, verdickte Parenchymzellen des Markes und der Rinde u. s. w., Fig. XXXVII. bei *b*), bei den Holz-, Bast- und Gefässzellen, bei sehr vielen der einseitig verdickten Oberhautzellen, sowie bei Zellen des Peridermas und des Korkes, wird dieselbe jedoch in der Regel mehr oder minder verändert. Man bezeichnet diesen Process bei den ersteren Zellenarten als Verholzung, weil eben mit demselben die betreffenden Zellen zugleich eine Umwandlung in ihren physikalischen Eigenschaften erleiden, ihre anfänglich weiche Beschaffenheit verlieren und härter werden; bei den beiden zuletzt genannten Zellenarten gibt man ihm dagegen den Namen der Verkorkung. Höchst wahrscheinlich beruht die Verholzung sowohl als die Verkorkung auf einer gänzlichen oder theilweisen Umbildung des Zellstoffes, denn von einer Einlagerung stickstoffhaltiger Substanzen, wie das von mancher Seite angenommen wird, ist durchaus Nichts zu entdecken, wie die Reaction der verholzten Zellstoffhülle gegen schwefelsaures Kupferoxyd und Kali auf das Bestimmteste darthut. Waren solche zugegen, so mussten sie sich nach der Einwirkung dieses für die Eiweisskörper sehr empfindlichen Reagenses durch die charakteristische Färbung sofort verrathen, was nach meinen Beobachtungen durchaus nicht der Fall ist.

Das Umwandlungsproduct des Zellstoffes hat man je nach seinem chemischen Verhalten als Holzstoff und Korkstoff bezeichnet.

Chemisches Verhalten von Holz- und Korkstoff. — Die beiden genannten Stoffe zeichnen sich dadurch aus, dass sie weder gegen

Jod und Schwefelsäure noch gegen Chlorzinkjod oder eine der anderen Jodverbindungen mit blauer Farbe reagiren. Sie färben sich unter Einwirkung dieser Reagentien mehr oder minder dunkelgelb, welche Färbung sie auch in der Regel auf die Einwirkung von schwefelsaurem Kupferoxyd und Kali annehmen, wenn sie nicht ganz ungefärbt bleiben. Der Holzstoff, eine ternäre, von dem Zellstoff sich durch höheren Kohlen- und Wasserstoffgehalt unterscheidende Verbindung, löst sich in ätzendem Kali, besonders nach der Erwärmung auf. In gleicher Weise verhält er sich gegen Salpetersäure allein oder gegen diese und chlorsaures Kali. Der Korkstoff, der neben den drei Elementen der Kohlehydrate noch Stickstoff enthält, wird von dem letztgenannten Mittel nicht gelöst, dagegen von Aetzkali aufgenommen. Concentrirte Schwefelsäure scheint den ersteren ebenfalls, wenn auch nur schwer zu lösen; sie verändert den letzteren dagegen nicht wesentlich. Für beide Stoffe ist daher in diesem Verhalten ein Unterscheidungsmerkmal gegeben.

In Bezug auf den Umfang, bis zu welchem der Zellstoff in die Umwandlung hineingezogen wird, scheint für beide Stoffe ebenfalls eine Verschiedenheit stattzufinden.

Verholzung. — Der Verholzungsprocess trifft, soweit unsere gegenwärtigen Erfahrungen reichen, niemals sämmtlichen Zellstoff, und es lässt sich derselbe, nach entsprechender chemischer Behandlung, in allen Theilen der verholzten Zellhüllen ohne Ausnahme noch nachweisen. Die verschiedenen Verdickungsschichten verhalten sich in dieser Beziehung verschieden, indem die Verholzung von Aussen nach Innen fortschreitet (Fig. XXXII, II.).

Die jüngste Verdickungsschicht, welche sich in der Regel auch schon durch ihr optisches Verhalten von den älteren unterscheidet, und die man als tertiäre Membran bezeichnet, ist häufig nicht verholzt und nimmt nach der Behandlung mit den mehrfach erwähnten Reagentien die dem Zellstoff charakteristische Färbung an (Fig. XXXIV., I. u. XLVII., VI.), die allerdings, namentlich bei der Chlorzinkjodlösung, erst nach einigen oder mehreren Stunden hervortritt. In anderen Fällen hat indessen auch ein kleinerer oder grösserer Theil ihres Zellstoffes eine Umwandlung erfahren, und es tritt die Cellulosereaction nur unvollkommen oder gar nicht auf; ja es kommt sogar nicht selten vor, dass diese Hüllschicht verholzt erscheint, während die secundären Verdickungsschichten Zellstoffreaction beobachten lassen (Fig. XLII.).

Die secundären Ablagerungsschichten werden bald in ihrer ganzen Masse gelb, bald nehmen sie in verschiedenen Schichten eine verschiedene Färbung an, welche bei Jod und Schwefelsäure vom Blauen ins Blaugrüne, Grüne, Gelbgrüne und Gelbe, bei Chlorzinkjodlösung vom Blauvioletten ins Rothviolette, Weinrothe, Rothgelbe und Gelbe übergeht und somit den Nachweis für den stufenweisen Fortschritt der Verholzung liefert.

Am stärksten umgewandelt erscheinen die primären Schichten, in-

dem sie sich am intensivsten gelb färben (Fig. XXXII., dann Fig. XLI. bis XLII.). Nur wo sich dieselben über geschlossenen Poren hinziehen und der Diffusion die Wege offen zu halten bestimmt sind, behalten sie ihre ursprüngliche chemische Beschaffenheit in hohem Grade bei, wie sich dies durch die Behandlung mit Chlorzinkjodlösung am schönsten nachweisen lässt, wenn dieses Mittel die erforderliche Zeit einwirken kann (Fig. XXXIII, *A*, *B*).

Um über den Grad der Verholzung genaue Resultate zu erlangen, sind äusserst feine Schnitte (am besten Querschnitte) erforderlich, weil man sich sonst leicht täuschen kann. Häufig werden nämlich die Zellwände dicker Schnitte gelb gefärbt, während dieselben in zarten Schnitten sogar durch ihre ganze Masse blau werden. Ebenso empfiehlt sich als anzuwendendes Reagens vorzugsweise Chlorzinkjodlösung, weil diese, wenn auch langsamer wirkend, als Jod und Schwefelsäure, doch charakteristischere Resultate gewährt.

Um den Zellstoff in den verholzten Zellhüllen nachzuweisen, unterwirft man zarte Schnitte einer vorbereitenden chemischen Behandlung. Man kocht dieselben entweder in reiner Salpetersäure, in Salpetersäure und chlorsaurem Kali, oder in Aetzkali so lange, bis die anfangs gelbe Farbe verschwindet. Hierauf süsst man die Präparate sorgfältig mit Wasser, wenn nothwendig mit Weingeist aus, und verwendet sie dann erst zur Beobachtung der Zellstoffreactionen. Jod und Schwefelsäure sowie Chlorzinkjodlösung werden nach dieser Behandlung in allen Schichten der Zellstoffhülle die Reactionen des Zellstoffes in mehr oder minder vollkommener Reinheit wahrnehmen lassen.

Verkorkung. — Die Verkorkung tritt nur in den dem Einflusse der Atmosphäre ausgesetzten Schichten des Pflanzengewebes, in der Epidermis und dem Korkgewebe auf. In der ersteren findet sie sich meist in den äusseren Partieen der sogenannten Cuticularschichten, welche unter der eigentlichen Cuticula liegen, doch auch tiefer. Sie schreitet daselbst wohl nie bis zur vollständigen Umbildung des gesammten Zellstoffes vor, da man nach der Behandlung mit Aetzkali, sei es durch länger andauernde Maceration bei gewöhnlicher Temperatur, sei es unter Zuhilfenahme kürzere Zeit andauernder Erwärmung, immer Zellstoffreaction erhält. Die jüngeren Korkzellen lassen nach der Behandlung mit Aetzkalilösung immer Zellstoff in ihren Wandungen nachweisen. In den älteren Korkschichten scheint dagegen der Zellstoff oft gänzlich verschwunden, wenigstens ist es mir nicht gelungen, ihn daselbst nachzuweisen.

Meyen: Jahresberichte 1837, S. 67; 1838, S. 23. — Neues System der Pflanzenphysiologie, Bd. II, S. 285.

Schleiden: Einige Bemerkungen über die sogenannte Holzfaser der Chemiker. Wiegmann's Archiv 1838, I. S. 49. Beiträge zur Botanik, S. 13. — Einige Bemerkungen über den vegetabilischen Faserstoff und sein Verhältniss zum Stärkemehl. Poggendorff's Annalen 1838, Bd. 43, S. 391. Beiträge, S. 160. — Noch einige Bemerkungen etc. Flora 1840, Nro. 47 u. 48. Beiträge, S. 172.

H. v. Mohl: Einige Beobachtungen über die blaue Färbung der vegetabilischen Zellmembran durch Jod. Flora 1840. Vermischte Schriften, S. 335.
Harting u. Mulder: In Versuch einer allgemeinen physiologischen Chemie. 1844.
H. v. Mohl: Bildet die Cellulose die Grundlage sämmtlicher vegetabilischen Membranen? Botanische Zeitung 1847, S. 497.
Dippel: Beiträge zur Lösung der Frage etc. Botanische Zeitung 1851, S. 409.
Sanio: Ueber den Holzstoff. Botanische Zeitung 1860, S. 202, und 1863, S. 362, Anmerkung.
Nägeli: Ueber das Verhalten der Zellhaut zum Jod. Sitzungsberichte der königl. bayerischen Akademie der Wissenschaften 1863. S. 383.
Ferner die obengenannten allgemeinen anatomischen Schriften.

4 Intercellularsubstanz und Cuticula.

Ueber das Wesen und Entstehen dieser beiden Substanzen bestehen verschiedene Meinungen. Die ältere Ansicht, die aber gegenwärtig wohl kaum mehr einen Anhänger finden dürfte, nahm an, es sei die erstere eine zur Verkittung der Zellen bereitete, die letztere eine über deren mit der Aussenwelt in Berührung stehenden Fläche abgeschiedene Aussonderung der letzteren selbst. Wigand betrachtet sie als hervorgegangen aus der primären Zellstoffhülle, während Schacht dieselben aus den untergegangenen und verflüssigten Zellstoffhüllen der Mutterzellen entstehen lässt.

Die ältere Ansicht entbehrt aller genügenden Stützen und hat ausserdem kein einziges Analogon in dem gesammten Zellenleben für sich. Aber auch für die beiden neueren Ansichten sind uns deren Begründer einen vollständigen Beweis schuldig geblieben. Schacht gebührt indessen Wigand gegenüber das Verdienst, nachgewiesen zu haben, dass Intercellularsubstanz und Cuticula von der Zellstoffhülle und ihren Umwandlungsproducten wirklich verschiedene Dinge sind. Ich selbst kann in Bezug auf die fertigen Zustände Schacht's Beobachtungen bestätigen, und muss ihm nur in Bezug auf die Fucaceen widersprechen, bei denen die Intercellularsubstanz nur in geringer Menge, nicht in mächtigen Schichten vorhanden ist.

Intercellularsubstanz.

Optisches Verhalten der Intercellularsubstanz. — Um sich über das optische Verhalten der Intercellularsubstanz zu unterrichten, bedarf es sehr zarter, vollkommen gerader Querschnitte der betreffenden Pflanzentheile. Am besten geeignet sind Schnitte von Laub- und Nadelhölzern. Ein zarter Querschnitt aus dem Stamm- oder Wurzelholze der Kiefer, Fichte, Tanne oder Lärche zeigt, wenn er vollkommen senkrecht zur Längsachse der Zellen geführt ist, und man entsprechend starke und klare Vergrösserungen anwendet, folgende Verhältnisse: Die secundären Verdickungsschichten werden von einem sich scharf abzeichnenden, nach beiden Seiten hin fein begrenzten, polygonalen Netzwerke durchsetzt,

welches aus den primären Zellstoffhüllen besteht und schon bei scharfen und klaren 200- bis 250fachen Vergrösserungen auf das Bestimmteste erkannt wird. Wendet man hierauf stärkere Objective an, so sieht man bei etwa 400- bis 500facher Vergrösserung, dass dieses Netzwerk von einem zweiten, weit zarteren Netze einer Substanz durchschnitten wird, welche sich in den Ecken, wo 3 oder 4 Zellen zusammenstossen, in bedeutenderer Masse entwickelt hat (Fig. XXIX., I. *i*). Je nach der Focaleinstellung erscheinen die Linien dieses Netzes sammt den sogenannten Zwickeln dunkler gezeichnet, als die primären Zellstoffhüllen, oder auch stärker glänzend, d. h. heller. Dieses innere Netz besteht aus der Intercellularsubstanz. Ganz ähnliche Anschauungen gewähren auch die Blätter der Lebermoose, und wird man sie mehr oder minder deutlich bei allen auch mehr dünnwandigen Zellen finden, wenn eben der betreffende Schnitt zart genug, durch ein äusserst scharfes Messer erlangt und vollkommen senkrecht geführt ist.

Chemisches Verhalten der Intercellularsubstanz. — Behandelt man einen passenden Querschnitt mit Salpetersäure in der Wärme und dann mit Ammoniaklösung, so tritt die Intercellularsubstanz noch entschiedener hervor, indem sie eine prachtvoll goldgelbe Färbung annimmt, während die primären und übrigen Schichten der Zellstoffhülle nur wenig oder gar nicht gefärbt erscheinen (Fig. XXIX., II.). Bringt man statt des Ammoniaks zu einem mit Salpetersäure gekochten Schnitte concentrirte Aetzkalilösung, so sieht man, wie sich zunächst die primären Zellstoffschichten von dem gelben Netze der Intercellularsubstanz lösen, und wie diese letztere zuerst an den dünneren Stellen, dann immer weiter aufgelöst wird (Fig. XXIX., III.). Unterbricht man die Einwirkung des Kalis noch bevor das gelbe Netzwerk gelöst ist, indem man den Schnitt in eine grössere Menge reinen Wassers bringt, und fügt dann demselben Chlorzinkjodlösung hinzu, so werden sämmtliche Zellstoffschichten violett gefärbt, während die Intercellularsubstanz mit gelber Farbe auftritt (Fig. XXIX., IV.). Eine länger dauernde Einwirkung des Macerationsmittels löst endlich die Intercellularsubstanz vollständig; es erscheinen die Zellen völlig getrennt (Fig. XXIX., V.) und nach der Einwirkung von Chlorzinkjod durch alle Schichten blau gefärbt (Fig. XXIX., VI.).

Wird diese Beobachtung mit gehöriger Sorgfalt und Beachtung aller Bedingungen in Bezug auf die Eigenschaften der betreffenden Schnittpräparate ausgeführt, so liefert das geschilderte Verhalten den entschiedensten Beweis, dass wir in dem zwischen den primären Zellstoffhüllen früher schon erkannten feineren Netze eine eigenthümliche, von jenen ganz verschiedene Substanz vor uns haben, welche keineswegs aus den stark verholzten Zellstoffschichten bestehen kann, da sich darin eben durch keines der sonst hierzu tauglichen Mittel eine Spur von Zellstoff nachweisen lässt. Dass diese Substanz von Anfang an eine von dem Zellstoff verschiedene chemische und physikalische Beschaffenheit gehabt haben

muss, geht ausserdem — und abgesehen von ihrem Verhalten gegen polarisirtes Licht — daraus hervor, dass dieselbe von Seiten der aneinandergrenzenden Zellen derart verschmolzen ist, dass sie eine Gesammtmasse bildet, die sich nicht in zwei, je einer der beiden Einzelzellen angehörende, Blätter spalten lässt, was bei verschiedenen Zellen angehörenden Zellstoffschichten, wenn sie auch unverletzt als ein Ganzes erscheinen, durch die oben genannten Mittel immer geschehen kann. Eine sehr überzeugende Anschauung von diesem Verhältnisse lässt sich dann erlangen, wenn man Querschnitte einer solchen Holzart, bei der die Intercellularsubstanz verhältnissmässig mächtig entwickelt ist, bis zu dem Grade mit dem Schultz'schen Macerationsgemisch behandelt, wo letztere der Lösung nahe ist und ihr Volumen entschieden vergrössert hat. Die Intercellularsubstanz erscheint dann als gröberes Netzwerk einer homogenen, schwächer lichtbrechenden Masse, welches nach der Behandlung mit Jodpräparaten durch eine, gegen die Zellhüllen entschieden dunkler gelbe Färbung sehr deutlich hervortritt (Fig. XXX., I. u. II.). Am leichtesten gelangt man mit Anfertigung derartiger Präparate zum Ziele, wenn man das Gemisch in etwas verdünntem Zustande anwendet, das Erwärmen in einem flachen Uhrglase vornimmt und sofort nach Unterbrechung des letzteren das Reagens sammt den Schnitten in eine mit Wasser gefüllte Porzellanschale ausgiesst.

In dem verschiedenen Verhalten des reinen Zellstoffes und der Intercellularsubstanz gegenüber der concentrirten Schwefelsäure haben wir ein weiteres Mittel, die letztere als eine eigenartige chemische Verbindung darzuthun und für sich isolirt darzustellen. Zieht man nämlich den Holzstoff aus zarten Querschnitten mittelst Kochens in Salpetersäure aus, lässt auf die sorgfältig ausgewaschenen Präparate erst verdünnte und dann nach und nach mehr und mehr concentrirte Schwefelsäure wirken, so werden die Zellstoffhüllen von der letzteren gelöst, und es bleibt, ohne einem Zerreissen ausgesetzt zu sein — was leicht geschieht, wenn man zu rasch mit der concentrirten Säure vorgeht — das höchst zarte Netzwerk der Intercellularsubstanz zurück (Fig. XXX., I.). Noch schönere Präparate werden erhalten, wenn man statt reiner Salpetersäure diese in Verbindung mit chlorsaurem Kali benutzt. Hier muss man aber, wenn das Präparat gelingen soll, den Zeitpunkt genau zu treffen suchen, in welchem die Einwirkung des lösenden Gemisches zu unterbrechen ist. Lässt man diese zu lange dauern, so wird nicht nur der Holzstoff, sondern auch die Intercellularsubstanz gelöst, und die Zellen fallen auseinander. Hat die Wirkung dagegen zu kurze Zeit gedauert, so ist der Holzstoff nicht vollständig gelöst, und es bleiben nach Einwirkung der Schwefelsäure mindestens die primären Zellstoffhüllen in Verbindung mit der Intercellularsubstanz zurück und quellen auf. Hier können eben nur mit gehöriger Geduld wiederholte Versuche, aber dann auch sicher, zu dem gewünschten Ziele führen. Ich habe mir auf diese Weise nicht nur die Intercellularsubstanz von Holzzellen, sondern auch aus Lebermoosblättern in grosser Reinheit dargestellt. Auch bei diesem

Verfahren muss man die Einwirkung der Schwefelsäure wohl zu reguliren suchen. Vor Allem hüte man sich dieselbe zu rasch einwirken zu lassen, weil dann die Zellen heftig angegriffen werden, stark quellen und das Netzwerk der Intercellularsubstanz zersprengen. Am besten gelangt man zum Ziele, wenn man den ausgewaschenen Schnitt in einem Tropfen Wasser und ohne Deckglas unter ein Objectiv mit grosser Focaldistanz bringt, und nun die Schwefelsäure tropfenweise solange an den Rand des Tropfens gibt, bis man sich überzeugt hat, dass die gewünschte Wirkung erfolgt ist. Will man das Präparat aufbewahren, so muss die Schwefelsäure rein ausgewaschen werden, was am besten dadurch geschieht, dass man das erstere auf dem Objectträger liegend in eine Schale mit reinem Wasser bringt, eine Zeit lang zuwartet und, nachdem man Träger und Präparat zusammen ruhig emporgehoben hat, das über dem letzteren Stehenbleibende vorsichtig ablaufen lässt. Ist diese Operation vollendet, so trocknet man das Wasser vom Objectträger auf, gibt einen Tropfen Chlorcalcium auf das Präparat und bedeckt und verschliesst es dann in der Band I, Seite 478 angegebenen Weise.

Entstehung der Intercellularsubstanz. Hat man sich davon überzeugt, dass die Intercellularsubstanz ein eigenthümliches, von den primären Zellstoffhüllen verschiedenes Product ist, so gilt es, sich über ihre Entstehung Aufklärung zu verschaffen. Zu diesen Untersuchungen eignen sich von den überall erreichbaren Pflanzen am besten die Nadelhölzer und zwar, wegen der Weite ihrer Zellen, die Wurzeln. Man untersucht hier die cambialen Schichten vom Beginn des Frühlings an, wo das Cambium sich noch im Ruhezustande befindet, den Sommer hindurch während der Neubildung der jüngsten Holz- und Rindenschichten.

Betrachtet man einen zarten Querschnitt durch das ruhende Cambium, so findet man in der Regel 2 bis 3 Zellenreihen, die sich durch äusserst zarte Beschaffenheit der in tangentialer Richtung verlaufenden Wände, welche ein gallertartiges Ansehen haben und im Wasser des Objectträgers etwas aufquellen, auszeichnen, während die radialen Wände weit dicker ja 5- bis 6mal dicker erscheinen. Genaue Beobachtung lehrt dann, dass diese beträchtliche Dicke nicht den cambialen Wandungen selbst, sondern diesen sammt einer etwas verschieden lichtbrechenden Substanz angehört, welche zwischen den eigentlichen Zellwänden eingelagert ein mehr gelockertes, matteres Aussehen zeigt (Fig. XXXII., I. u. II. *Z*). Wendet man auf einen solchen Schnitt Jod und Schwefelsäure oder Chlorzinkjodlösung an, so werden die eigentlichen cambialen Wandungen auch nach längerer Einwirkung nicht gefärbt, während die Zwischenschicht nur hie und da einmal und an einzelnen Stellen eine blaue oder röthlich blaue Farbe annimmt, die wohl von eingelagerter, im Uebergang zu dem Bildungsherde begriffener formloser Stärke (?) herrühren mag.

Jene Wandungen, welche ausserdem schon an dem unberührten Schnitte ein mehr gallertartiges Aussehen zeigen, bestehen also nicht aus

Zellstoff. Am klarsten belehren über diesen Umstand solche Schnitte, welche — was hie und da wohl vorkommt — neben den eigentlichen Cambiumzellen noch ganz junge, am Ende der Vegetationsperiode entstandene, nicht verdickte Holz- und Bastzellen enthalten, deren primäre Zellstoffhüllen sich sofort bläuen, während eine weisse Zwischenmasse bleibt (Fig. XXXIII., I. *H'* u. *B'*). Die zwischen den radialen cambialen Wandungen enthaltene Zwischenschicht färbt sich auch hier nach längerer Einwirkung des Reagenses, wenn überhaupt, nur schwach und stellen-, gleichsam fleckenweise. Untersucht man einen ähnlichen Schnitt etwa Anfang Mai, wo die Neubildung im Wurzelcambium eben begonnen hat, so zeigen sich im Ganzen fast dieselben Verhältnisse. Die inneren Schichten, d. h. die primären Zellstoffhüllen der eben entstandenen Holz- und Rindenzellen, reagiren entschieden auf Zellstoff. Ein zwischen ihnen verlaufendes Netzwerk, sowie die cambialen Wandungen bleiben dagegen ungefärbt (Fig. XXXIII., I. *H p*). Die Zwischenmasse erscheint zugleich gegen den Ruhezustand vermindert, grumos, halbflüsssig und färbt sich gar nicht mehr. Das ungefärbt bleibende Netzwerk ist, soweit die Zwischensubstanz verschwunden ist, homogen durch keine Zwischenlinie getrennt. Es besteht aus den verschmolzenen cambialen Wandungen, die mir in chemischer Beziehung aus einem gummiartigen Stoffe, „Bassorin“ (?) gebildet zu sein scheinen.

Verfolgt man die Entwickelungsgeschichte weiter, so erhält man Zustände, welche von denen, wie sie in den Figuren XXXII. und XXXIII, I. dargestellt sind, verschieden erscheinen. Die Substanz zwischen den radialen Wandungen des Cambiums verschwindet nach und nach ganz, und letztere schliessen vollständig aneinander. In Bezug auf das chemische Verhalten finden dieselben Verhältnisse statt, wie oben geschildert (Fig. XXXIII., II. *H*). Die weiter nach innen gelegenen Holzzellen haben aber schon ihren Verholzungsprocess begonnen, das Netzwerk erscheint bei ihnen in der Form, wie bei den vollkommen ausgebildeten Zellen und bleibt nicht mehr ungefärbt, sondern nimmt eine gelbe Farbe an, die sich besonders nach der Behandlung mit Salpetersäure oder mit Jod und Schwefelsäure sehr schön zeigt (Fig. XXXIII., II. *H'*). Zwischen den Zellen des Bastes der Nadelhölzer wie der Laubhölzer aus der jüngsten Wachsthumsperiode erscheint das Netzwerk ungefärbt (Fig. XXXII., I., XXXIII., I. *B*, u. XXXII., II.). Es lehren sonach diese Beobachtungen, die mit der nöthigen Umsicht und Geduld, verbunden mit der erforderlichen Fertigkeit im Anfertigen von Schnitten angestellt sein wollen, dass die Intercellularsubstanz hervorgeht aus der cambialen, aus einer dem Zellstoff zwar isomeren, aber doch wesentlich von ihm verschiedenen Verbindung gebildeten, Wandung der Gewebezellen, und zwar der Tochter- nicht der Mutterzellen, welch letztere, sobald sie ihre Function erfüllt haben, aufgelöst und resorbirt werden. Jene Verbindung begünstigt eine Verschmelzung der zusammenstossenden Hüllen wesentlich und erleidet in der Folge Umwandlungen, welche dem Zellstoff nicht eigen sind. Möglich dass dieselbe aus den

diffundirenden Bildungsstoffen später Eiweisskörper aufnimmt oder sich in eine quaternäre Verbindung umbildet, worauf ihre Reaction gegen Salpetersäure hindeutet. Bestimmtes lässt sich darüber indessen vorläufig nicht angeben. Schwefelsaures Kupferoxyd und Kali geben nicht hinreichend sichere Anhaltspunkte in der Färbung, die bei so zarten Verhältnissen immerhin schwer zu beurtheilen ist.

In dem Baste der Nadelhölzer, ebenso in dem Bastparenchym und bei den Rindenzellen der Laubbäume geht die Umwandlung der Intercellularsubstanz langsamer vor sich, wie in den Holzzellen der ersteren und in den Holz- und Bastzellen der anderen. Bei manchen Zellenarten scheint dieselbe sogar in dem ursprünglichen Zustande so lange zu verbleiben, als sie ihr Leben fortführen, weshalb sie, wenn man mittelst Chlorzinkjod oder mittelst Jod und Schwefelsäure reagirt, zwischen den primären Zellstoffschichten als weisse Linie erscheint. In älteren Rindenschichten und zwischen den stark verdickten und verholzten Rindenparenchymzellen tritt sie jedoch, wie zwischen den verdickten Bast- und Holzzellen, auch in ihrer völlig umgewandelten Form auf. In den reifenden Früchten, ebenso in den Zellen der Kartoffelknolle wird die Intercellularsubstanz nach und nach in eine lösliche Modification übergeführt, weshalb sich dort die Zellen bei der Fruchtreife, hier nach dem Kochen ohne Weiteres trennen und isoliren lassen.

Cuticula.

Entstehung der Cuticula. — Die Cuticula entsteht, soweit meine Untersuchungen mir die zur Entscheidung erforderlichen Anhaltspunkte gewähren, ganz in ähnlicher Weise, wie die Intercellularsubstanz, d. h. sie bildet die erste über der ursprünglichen Membran abgeschiedene Hülle, innerhalb der sich die echten Zellstoffschichten ablagern. Ich glaube wenigstens in dieser Weise das Verhalten der jugendlichen Zellen des Lebermoosblattes, sowie der Epidermiszellen aus den jungen Zwiebelschuppen und den jugendlichen Laubblättern des Lauches deuten zu dürfen, wo sich schon in der frühesten Zeit der Entwickelung ein farbloses, später ein durch Jod gelb werdendes Häutchen über den Zellen zeigt, das mit der Intercellularsubstanz, die sich nicht färbt, in Verbindung steht (Fig. XXXVI., I. bis III.). Zarte zur Fläche genau senkrechte Querschnitte aus diesen Organen in verschiedenen Entwickelungsstufen gewähren hier die erforderliche Einsicht, und müssen diese theils frisch, theils unter Chlorzinkjod beobachtet werden.

Chemisches Verhalten der Cuticula. — In ihrem ausgebildeten Zustande verhält sich die Cuticula, welche neben den sogenannten Cuticularschichten, die, wie wir oben gesehen haben, aus modificirten Zellstoffschichten bestehen, nur einen höchst geringen Antheil an der Verdickung der Aussenwand der Oberhautzellen nimmt und nur als ein

zartes Häutchen über der Epidermis verläuft, fast ganz mit der Intercellularsubstanz überein. Eine Zunahme derselben im höheren Alter habe ich bis jetzt nicht beobachtet, und haben jene Forscher, welche eine solche annehmen, offenbar Cuticularschichten, d. h. primäre oder secundäre umgewandelte Zellstoffschichten damit vermengt.

Zum Studium dieser Verhältnisse bedarf es äusserst zarter Querschnitte durch die Epidermis passender Blätter, namentlich mancher Aloearten, von Dasylirium, Yucca, Ruscus, Ilex, Hoya, Hakea, Citrus u. s. w., welche man ganz in derselben Weise mittelst chemischer Reagentien behandelt, wie es oben angegeben wurde. Ich verweise daher in dieser Beziehung einfach auf die beigegebenen Figuren XXXIV. und XXXV. nebst deren Erklärung, sowie auf die Betrachtung des Oberhautgewebes weiter unten, und füge nur hinzu, dass man genau auf die Einwirkung der Kalilösung zu achten hat, damit man bei nachfolgenden Zellstoffreactionen nicht etwa die verschwundene, d. h. gelöste Cuticula als noch vorhanden und in Zellstoff umgewandelt ansieht, ein Versehen, das namentlich dann leicht eintritt, wenn man das erstgenannte Reagens längere Zeit bei gewöhnlicher Temperatur hat einwirken lassen.

Ueber das Verhalten der Intercellularsubstanz und Cuticula zum polarisirten Lichte werden wir an der betreffenden Stelle das Nähere mittheilen.

H. v. Mohl: Erläuterung und Vertheidigung etc. 1836.
Meyen: Neues System der Pflanzenphysiologie. Bd. I, S. 160.
H. v. Mohl: Ueber die Cuticula der Gewächse. Linnaea 1842. Vermischte Schriften, S. 260, und Botanische Zeitung 1845, S. 1.
Harting und Mulder: Versuch einer allgemeinen physiologischen Chemie. 1844. S. 418 u. 499.
Schleiden: Grundzüge. 3. Aufl. 1849. I, S. 328 u. 335.
Cohn: De Cuticula. Breslau 1850.
A. Wigand: Intercellularsubstanz und Cuticula. 1850. Botanische Untersuchungen 1854.
Schacht: Lehrbuch der Anatomie u. Physiologie. I, S. 108 u. 133.
Sanio: Ueber Intercellularsubstanz im Holze. Botanische Zeitung 1860, S. 209.
Schacht: Das Mikroskop etc. 1862. S. 115 *).

IV. Die Arten der Pflanzenzellen.

Es ist in den früheren Paragraphen darauf hingewiesen worden, dass ursprünglich die vegetabilischen Zellen, ihrer äusseren Erscheinung, d. h. ihrer Form nach annähernd gleichartig, mehr oder minder annähernd von sphärischer Gestalt sind. Erst in Folge der späteren, im vorigen Paragra-

*) Meine von der Niederländischen Gesellschaft gekrönte Arbeit: „Ueber das chemische Verhalten und die Entstehung der Intercellularsubstanz" wird demnächst erscheinen, und wird man darin namentlich auch Hinweise finden in Bezug auf die Täuschungen, welche in Folge der Präparation u. s. w. unterlaufen können.

phen geschilderten Umbildungsvorgänge differenziren sich dieselben zu den verschiedenen Zellenarten. Nach dem gegenwärtigen Standpunkte der Histiologie bleibt uns, wenn wir nicht nach den Geweben classificiren wollen, an denen die Zellen Theil nehmen und welche ja nicht einmal immer gleichartig sind, also gar nicht als Eintheilungsgrund dienen können, nichts anderes übrig, als jene nach ihrer Form mit Zuhilfenahme der Structur ihrer Zellstoffhülle und der Art und Weise ihrer Verbindung untereinander zu unterscheiden. Freilich werden wir auch, wenn wir diesen einfachen Theilungsgrund zu Hilfe nehmen, nicht jede Zellenart in scharf gezogene Grenzen einschliessen können, sondern hier und da Uebergänge finden, in denen sich zwei Zellenarten mehr oder weniger nahe berühren; aber das lässt sich einmal nicht ändern, indem die Natur sich nicht in streng mathematische Formen zwängen lässt.

Auf obiger Grundlage und mit möglichster Berücksichtigung der Einfachheit lassen sich folgende drei Zellenarten unterscheiden:

1. Parenchymzellen,
2. Faserzellen und
3. Röhrenzellen.

1. Parenchymzellen.

Unter Parenchymzellen sind alle Zellen von sphärischer, polyëdrischer, prismatischer oder cylindrischer Form zusammenzufassen, die sich in senkrechter Richtung entweder mit sphärischen oder geraden, horizontalen oder verschieden geneigten, den Seitenflächen gleich organisirten Flächen ihrer Zellstoffhüllen berühren, und deren Wandung entweder ganz homogen oder in verschiedenster Weite verdickt sein kann, dann aber keine offene und nur in seltenen Fällen deutlich behöfte oder siebartige Poren besitzt.

Die Parenchymzellen setzen in mancherlei Abänderungen den ganzen Körper der sogenannten Zellenpflanzen, Pilze, Flechten, Algen und eines Theils der Moose, bei den höher entwickelten Pflanzen sämmtliche gleichartigen Gewebe, wie Mark, Rinde, Oberhaut zusammen. In den ungleichartigen Geweben treten sie durch das ganze Gebiet der sogenannten Gefässpflanzen neben Faser- und Röhrenzellen auf.

Dünnwandige Parenchymzellen.

Am häufigsten kommen die dünnwandigen Parenchymzellen vor. Ihre Gestalt, ursprünglich mehr sphärisch, behält nur selten diese Form bei, sondern ändert sich im Laufe des Wachsthumes in mannigfacher Weise und nimmt die verschiedenen Formen an, welche weiter oben näher beschrieben worden sind.

Structur der Zellstoffhülle. — Die Zellstoffhülle erscheint bald homogen (vegetative Zellen der Pilze, Flechten und Algen, die Zellen der meisten Leber- und Laubmoosblätter u. s. w.), bald besitzt dieselbe schwächere, secundäre Verdickungsschichten, welche ringförmig, spiralförmig, netzförmig angeordnet sind, oder von kleineren oder grösseren, spaltenförmigen, länglichrunden bis kreisrunden, immer durch die primäre Zellstoffhülle geschlossenen Poren unterbrochen werden. Für diese verschiedenen Configurationen der Zellstoffhülle liefern die schon früher angeführten Pflanzen und Pflanzentheile vortreffliche Beispiele.

Chemisches Verhalten der Zellstoffhülle. — In der Regel verholzen die dünnwandigen Parenchymzellen niemals, und färben sich nach Anwendung von Chlorzinkjodlösung oder von Jodlösung und Schwefelsäure, oft sogar nach Behandlung mit Jodlösung allein violett bis rein blau. Hie und da trifft man jedoch auch verholzte dünnwandige Parenchymzellen an, so z. B. in dem Marke und dem Blattstiele der Cycasarten und mancher Palmen, in dem Holzparenchym und den Markstrahlen der mehrjährigen Dikotyledonen (Eiche, Buche, Esche, Tanne u. s. w.). Aber auch hier bleiben die die Poren verschliessenden Theile der primären Zellstoffmembran, welche der Diffusion den Weg offen halten, unverholzt. Während Chlorzinkjodlösung oder Jod und Schwefelsäure die primäre Zellstoffhülle sowohl als die secundären Schichten gelb färben, erscheinen die Schliesshäutchen der Poren violett oder blau gefärbt (Fig. XXXVIII., *A* u. *B*). In ähnlicher Weise verhalten sich die ringförmig, spiralig und netzförmig verdickten Parenchymzellen, welche sich in der Kapselwand und als Schleudern der Lebermoose, ferner unter der Epidermis der Antheren finden. Die Verdickungsschichten erscheinen hier oft mehr oder weniger stark verholzt und färben sich durch oben genannte Reagentien gelb bis gelbbraun, während die primäre Zellstoffhülle sich bläut.

Behandelt man solche Parenchymzellen mit Aetzkali, Salpetersäure oder mit letzterer und chlorsaurem Kali in der Wärme, so zeigen auch die verholzten Theile gegen Chlorzinkjodlösung u. s. w. Zellstoffreaction.

Wendet man auf die frischen Präparate als Reagens Chlorzinkjodlösung an, so ist zu empfehlen, deren Wirkung nicht allein sofort nach der Anwendung, sondern nach einer mehr- bis 24stündigen Einwirkung zu beobachten, weil die charakteristische Färbung der aus reinem Zellstoff bestehenden Theile der Wandungen der Schliesshäute und jüngsten Hüllschicht oft erst nach einiger Zeit eintritt.

Andere ringförmig, spiralig oder netzförmig verdickten Zellstoffhüllen der Parenchymzellen bleiben durch ihre ganze Masse unverholzt und färben sich mittelst Chlorzinkjodlösung oder Jod und Schwefelsäure violettblau oder rein blau.

Dahin gehören namentlich die in den Blättern von Pellia epiphylla

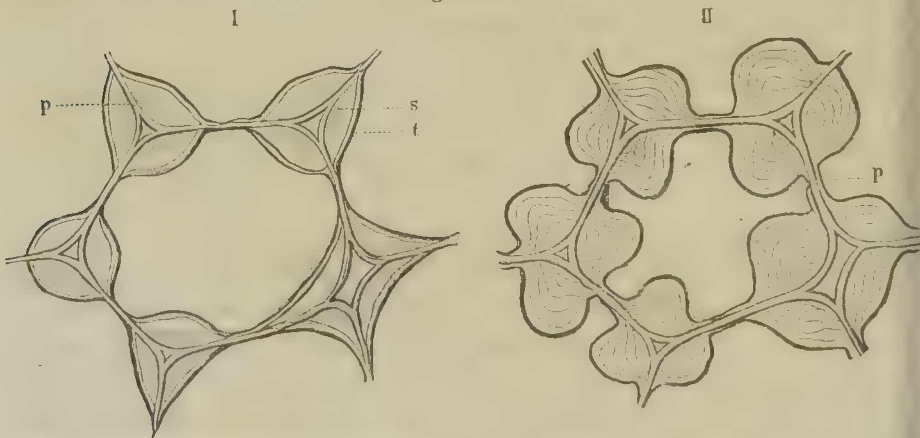
und manchen höheren Pflanzen sowie die in der Rinde des Hollunder und der Balsaminen u. s. w. hie und da vorkommenden Zellen.

Verdickte Parenchymzellen.

Parenchymzellen mit stark verdickter Zellstoffhülle kommen verhältnissmässig weit seltener vor, als die vorhergehenden. Dieselben sind theils unverholzt wie in dem Collenchym und dem Sameneiweisse mancher Gewächse, theils verholzt wie in dem Marke und der Rinde einzelner Pflanzen (Hoya, Picea, Fraxinus, Fagus, Prunus), in den Frucht- und Samenschalen anderer (Prunus, Juglans, Pinus, Larix u. s. w).

Collenchymzellen. — Die Collenchymzellen, anfangs dünnwandig und von fast regelmässig polyëdrischer oder prismatischer, in einzelnen Fällen wohl auch von nahezu faserartig gestreckter Gestalt, verdicken ihre Wand vorzugsweise in den Ecken (Fig. 33), wodurch das Lumen derselben nicht selten eine nahezu runde oder länglichrunde Gestalt erhält. An den querdurchschnittenen Zellen zeigt die Zellstoffhülle einen eigenthümlichen wachsartigen Glanz und erscheint wie aufgequollen, ohne dass man eine deutliche Schichtung der secundären Verdickungsschichten wahrnimmt. Jedoch erscheint in dem Collenchym mancher Pflanzen (Umbelliferen u. a.) die tertiäre Verdickungsschicht deutlich ausgesprochen (Fig. 33, I. *t*).

Fig. 33.



In den Ecken verdickte Collenchymzellen aus dem Stengel von Rumex acetosa; I. unter Wasser betrachtet, II. nach der Behandlung mit Aetzkalilauge. *p*, *s* und *t* primäre, secundäre und tertiäre Hüllschicht. Vergr. 1 : 660.

Um die Schichtung der secundären Verdickung zu studiren, namentlich aber um zu ermitteln, ob letztere aus homogenen oder aus Schichten mit differenten Lamellen bestehen, und welche Dichtigkeitsunterschiede in diesem Falle auftreten, muss man die Zellen in Aetzkalilösung kochen, oder mit Kupferoxydammoniak oder concentrirter

Schwefelsäure behandeln, worauf sie unter gleichzeitigem Aufquellen deutlich, und zwar in einer Weise hervortritt, welche darthut, dass zum mindesten in den meisten Fällen nur homogene Schichten vorhanden sind (Fig. 33, II.). Die ersteren Mittel sind jedoch vorzuziehen, weil das letztere die Zellwände rasch auflöst und nur das Netzwerk der Intercellularsubstanz und die ursprüngliche Membran zurücklässt.

Jod und Schwefelsäure sowie Chlorzinkjodlösung färben die secundäre sowie die tertiäre Verdickungsschicht schön blau, während die primäre Zellstoffhülle fast ganz, die Intercellularsubstanz aber völlig ungefärbt bleibt. Eine ähnliche Verdickungsweise wie die Collenchymzellen lässt sich bei den Blättern mancher Lebermoose (z. B. Plagiochila asplenoides, Radula complanata, Frullania dilatata und tamarisci u. s. w.) beobachten, und verhalten sich die Verdickungsschichten gegen Reagentien ganz in derselben Weise, wie diejenige der Collenchymzellen.

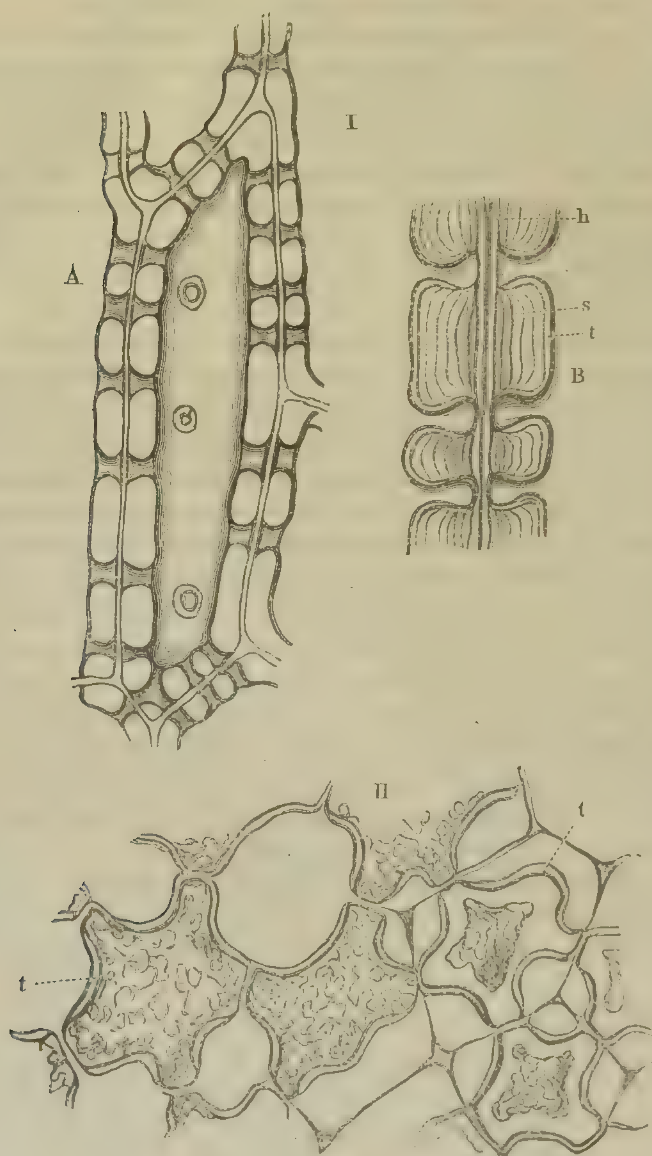
Albumenzellen. — Stark verdickte unverholzte Parenchymzellen finden sich ferner in dem Sameneiweisse der Lilien, der Palmen (Phytelephas, Phoenix), des Kaffeebaumes, des Johannisbrodbaumes (Ceratonia siliqua), der Melampyrum-Arten u. s. w. Auch hier besassen die Zellen ursprünglich eine fast regelmässig polyëdrische Gestalt und stiessen mit geraden Flächen aneinander. Erst nach der Ausbildung der Verdickungsschichten wird dieses Verhältniss bei manchen Samen dunkeler, so dass man bei der Elfenbeinnuss und dem Dattelkerne die primäre Zellstoffwand nur leise angedeutet sieht (Fig. 34, I. u. 28, II.), bei dem Samen des Johannisbrodbaumes dagegen gar nicht mehr erkennt. Da bei letzterem ausserdem die Zellen weit weniger regelmässig gelagert und die tertiären Schichten optisch weit verschiedener von dem übrigen Theile der Zellstoffhülle sind, als bei den ersteren Samen, so erscheint hier gleichsam eine Anzahl unregelmässig zerstreuter Zellen in eine gleichartige Masse eingebettet (Fig. 34, II.), in Folge dessen ein derartiger Schnitt etwa das Ansehen hat wie ein Schnitt durch thierischen Knorpel.

Bei Phytelephas sind die oft verzweigten Porencanäle ziemlich eng und am Grunde etwas erweitert, weiter sind dieselben bei dem Sameneiweisse der Dattel und noch weiter endlich bei dem der Johannisbrodkerne.

Eine Schichtung lässt sich bei keiner von diesen Zellen wahrnehmen, sie tritt aber bei der Behandlung mittelst Chlorzinkjodlösung oder Aetzkalis bei den beiden ersteren Pflanzen deutlich hervor (Fig. 34, I. *B*), während es bei Ceratonia nicht gelingt, eine solche nachzuweisen, obwohl dann auch wie bei jenen die Form der Zellen deutlicher hervortritt (Fig. 34, II., rechts). Alle Verdickungsschichten bis auf die primäre Zellstoffhülle färben sich bei Phytelephas sowohl als Phoenix nach und nach durch Chlorzinkjodlösung blau, während bei Ceratonia nur die tertiäre Verdickungsschicht violett gefärbt wird, die secundären Schichten aber selbst nach der Behandlung mit Aetzkali ungefärbt bleiben, ja für die

Beobachtung fast vollständig verschwinden, so dass man zu dem Schlusse berechtigt ist, es beständen diese Theile der Zellhülle aus einem der Gummireihe angehörigen Umwandlungsproducte der Cellulose.

Fig. 31.



Albumenzellen; I. aus Phoenix dactilifera. *A* Ganze Zellen unter Wasser beobachtet. Vergr. 1 : 400. *B* Theil einer Zelle nach der Behandlung mit Aetzkalilauge, wodurch die Zellen sich getrennt haben, die Schichtung der secundären Zellhülle deutlich geworden ist, *p*, *s*, *t* wie oben. Vergr. 1 : 1000; II. aus Ceratonia siliqua, links so gezeichnet wie die Zellen unter Wasser, rechts, wie sie nach der Behandlung mit verdünnter Schwefelsäure erscheinen. Vergr. 1 : 400.

Verholzte Parenchymzellen. — Die hierher gehörigen Markzellen der Clematis vitalba, welche sich vorzugsweise zum Studium aller in Betracht kommenden Structurverhältnisse eignen, wurden schon mehrfach besprochen. Verholzte sehr dickwandige Parenchymzellen finden sich gruppenweise in dem Marke und in der Rinde von Hoya carnosa (Fig. 28, Seite 87) in ganz ausgezeichneter Weise. Die Zellen besitzen in der Regel eine cubische Form und von zahlreichen mässig engen, häufig mehrfach verästelten Porencanälen durchzogene Schichten, welche, wie das optische Verhalten im frischem Zustande und die Quellungserscheinungen darthun, aus nur wenig differenten Lamellen bestehen (Fig. 28, I. *c*). In ähnlicher Weise sind die verholzten Parenchymzellen der Rinden von Cytisus laburnum, Fraxinus excelsior, Fagus sylvatica, Urostigma elasticum u. s. w. gebaut. Von einer mehr unregelmässigen Gestalt sind die verholzten Zellen welche in dem Baste von Fagus, Betula u. s. w. in Gruppen vorkommen, jene in den Samenschalen der Amygdaleen, der Juglandeen, der Magnolien, Proteaceen (Hakea), Myrtaceen (Bertholletia) u. s. w., sowie diejenige der steinigen Concretionen der Winterbirnen, deren ganzes Fruchtfleisch oft in verholztes Parenchym umgewandelt erscheint. Hier schreitet die mehr oder minder deutlich geschichtete Verdickung oft bis zum fast völligen Verschwinden des Lumens fort und die häufig verästelten, in einzelnen Fällen (Magnolia grandiflora) sogar mit einander netzartig in Verbindung stehenden Porencanäle sind äusserst fein (Fig. 35). Jod und Schwefelsäure sowohl als Chlorzinkjodlösung färben alle Schichten der Zellhülle bis zu der jüngsten immer gelb (Fig. XXXVII., *b*, *c*), erst nach dem Kochen mit Aetzkalilösung, oder nach der Behandlung mit dem Schulz'schen Macerationsmittel tritt die charakteristische Reaction auf Zellstoff hervor.

Fig. 35.



Verholztes Parenchym aus der Fruchtschale von Juglans regia mit verzweigten Porencanälen. Vergr. 1 : 660.

Meyen: Neues System der Pflanzenphysiologie. Bd. I.
Schleiden: Grundzüge der wissenschaftlichen Botanik. 3. Aufl. Bd. I.
H. v. Mohl: Anatomie und Physiologie der vegetabilischen Zelle. 1812.
Th. Hartig: Vollständige Naturgeschichte der forstwirthschaftlichen Culturpflanzen. 1851.
Unger: Anatomie und Physiologie der Pflanzen.
Schacht: Die Pflanzenzelle und Lehrbuch der Anatomie u. Physiologie. Bd. I.

2. Faserzellen.

Das Vorkommen der Faserzellen ist beinahe völlig auf das Gefässbündel beschränkt und erscheinen sie daselbst sowohl in dem Holz- als

in dem Basttheile. Nur in einzelnen Fällen trifft man dieselben auch in anderen Geweben, namentlich in Mark und Rinde.

Gestalt der Faserzellen. Die Faserzellen zeichnen sich auch vor den langgestreckten Parenchymzellen in der Regel dadurch aus, dass ihre Längenausmessung die beiden anderen Dimensionen bedeutend überwiegt. Jedoch lässt sich in dieser Beziehung nicht immer eine ganz strenge Trennung durchführen, indem man nicht selten Faserzellen antrifft, welche die erstgenannte Zellenart kaum an Länge übertreffen oder gar hinter sehr gestreckten Parenchymzellen zurückbleiben. In senkrechter Richtung berühren sich die Faserzellen in der Regel allseitig mit mehr oder minder schief gestellten Flächen, so dass im Allgemeinen ihre Gestalt eine doppelt spindelförmige, prismatisch pyramidale, cylindrisch kegelförmige oder doppelt kegelförmige wird (Fig. 36). Nur in seltenen Fällen begegnet man horizontal gestellten Scheidewänden, wie bei den vereinzelten Bastzellen der Euphorbien (Fig. 37).

Fig. 36.



Verschiedene Faserzellen; I. aus dem Holze von Picea vulgaris, II. aus dem Baste einer Palme (Sabal umbraculifera), III. aus dem Baste von Larix europaea. Vergr. 1 : 125.

Im Allgemeinen sind die Faserzellen einfach, hie und da kommen jedoch auch verzweigte Faserzellen vor, so in

dem Holzkörper des Kürbisstengels, der Linde, in dem Basttheile und den Blättern der Asclepiadeen und Apocyneen (siehe Fig. 12, Seite 64), fer-

Fig. 37.



Eine Bastzelle aus der Wurzel von Euphorbia esula. Vergr. 1 : 370.

Fig. 38.



Verzweigte Bastzelle von Larix europaea. Vergr. 1 : 200.

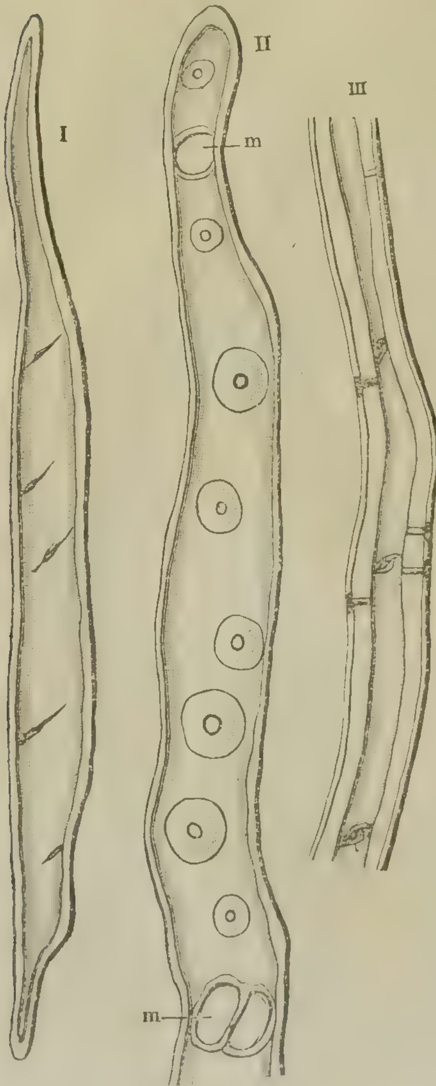
ner in dem Marke der Rhizophora, in dem Baste der Lärche und der Auracaria (Fig. 38).

Structur der Zellhülle. — Die Zellstoffhülle der Faserzellen ist immer mehr oder weniger verdickt. Es lassen sich neben der primären Hülle immer noch secundäre und tertiäre Verdickungsschichten beobachten. Geringer verdickte Faserzellen finden sich in dem Holzkörper der krautartigen Pflanzen, ferner in dem inneren Theile des Jahresringes der Nadelhölzer, der weichen Laubholzarten, der Linde u. s. w., minder zahlreich, in Gruppen oder Bändern geordnet, oder auch mehr unregelmässig zerstreut, in dem Holze der anderen Laubbäume, Eiche u. s. w.). Sehr stark verdickte Faserzellen bietet der Basttheil der meisten Gewächse, ausserdem findet man sie in dem äusseren Theile des Jahresringes der Nadelbäume und mancher weichen Laubholzarten, sowie verschieden gruppirt in dem Holzkörper der harten Laubhölzer.

Die secundären Verdickungsschichten erscheinen häufig, namentlich bei den Zellen des Bastes, auf das deutlichste geschichtet, was man sowohl auf dem Quer- als auf dem Längsschnitte erkennt. In anderen Fällen aber,

so bei vielen Holzzellen, bilden dieselben eine homogene, an Dichtigkeit der primären und tertiären Hüllschicht nachstehende Masse. Wo die Schichtung an den unverletzten Zellen nicht deutlich hervortritt, da erscheint dieselbe öfters nach der Behandlung aller der Reagentien, welche ein Aufquellen der Zellstoffhülle veranlassen, wie Kupferoxydammoniak, Schwefelsäure, Aetzkali, Salpetersäure und chlorsaures Kali.

Fig. 39.



Structur der Zellstoffhülle der Faserzellen. I. Wenig verdickte Holzzelle von Tilia grandifolia mit spaltenförmigen, scheinbar unbehoften Poren. — II. Holzzelle von Pinus silvestris mit behoften Poren (*mm* Poren zwischen Holz- und Markstrahlenzellen). — III. Holzzelle aus Quercus pedunculata mit stark verdickter Zellhülle und spaltenförmigen kleinen Poren. Vergr. 1 : 400.

Die Formen der Verdickungsschichten zeigen hier bei weitem nicht jene Verschiedenheiten, welchen man bei den parenchymatischen Zellen und der nachfolgenden Zellenart begegnet. Am häufigsten findet sich die poröse Verdickung.

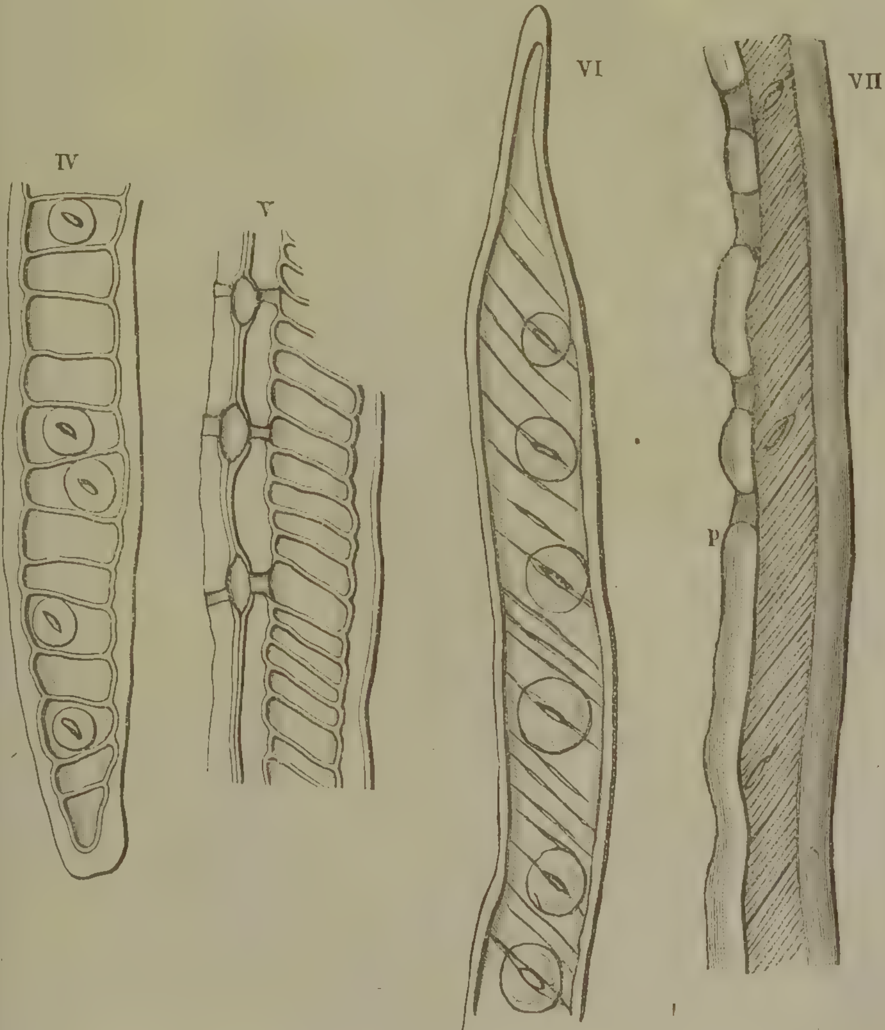
Unbehöfte oder vielmehr scheinbar unbehöfte Poren beobachtet man bei den Bastzellen sowohl als bei manchen Holzzellen (Fig. 36 II. u. 39, I. u. III.), und erscheinen dieselben immer nur dann geschlossen, wenn die betreffenden Zellen während des Winters Stärke führen, wie es bei manchen Holzzellen z. B. von Sambucus, Acer, Berberis etc. der Fall ist.

Poren mit verhältnissmässig grossem Hofe kommen am häufigsten bei den Holzzellen vor. Das Nadelholz hat nur deutlich oder gross behöfte Poren (Fig. 39, II. Fig. 40, IV. VI. VII.), und zwar ist Hof in den dünnwandigen Zellen des inneren Theiles der Jahresringe weit grösser als in den dickwandigen des äusseren Theiles. Die grossbehöften Poren sind im ausgebildeten Zustande immer offen, sobald sich nur die Wände von Faserzellen oder von Faser- und Röhrenzellen berühren, wo dagegen die Wände der letzteren

mit denen von Parenchymzellen zusammenstossen, da erscheinen die Poren geschlossen.

Ein schmales, weitgewundenes Spiralband tritt neben den behöften Poren in den Holzzellen des Eibenbaumes (Taxus) (Fig. 40, IV.), des Weinstockes (Vitis vinifera), des Seidelbastes (Daphne mezereum), des wolligen Schneeballes (Viburnum Lantana) etc. mit entsprechend engeren Windungen in den Herbstholzzellen von Picea vulgaris (wo diese mit der nachfolgenden Form verwechselt worden ist) auf (Fig. 40, V.) und

Fig. 40.



Structur der Zellstoffhülle der Faserzellen. IV. Holzzelle von Taxus baccata mit behöften Poren und Spiralband. — V. Holzzelle aus dem äusseren Theile des Jahresringes von Picea vulgaris mit Spiralband (sogenannter spiraliger Streifung). — VI. Eine ähnliche Zelle aus dem inneren Theile mit breitem Spiralbande und schmalen unverdickten Zwischenräumen. — VII. Abnorm verdickte Zelle aus dem inneren Theile des Jahresringes vom Astholze der Pinus silvestris mit feiner spiraliger Streifung und zerstreuten spaltenförmigen, behöften Poren. Vergr. 1 : 400. Fig. V. 1 : 1000.

gehört der tertiären Verdickungsschicht an. Breite Spiralbänder mit sehr schmalen unverdickten Stellen der Zellstoffhülle, so dass man von einer spiraligen Streifung spricht, beobachtet man häufig in den stark verdickten Holzzellen des äusseren, seltener in den weniger verdickten Zellen des inneren Theiles der Jahresringe und sehr schön ausgeprägt in dem abnorm verdickten Frühlingsholze der Aeste und Zweige unserer Nadelbäume (Fig. 40, VI. u. VII.), sowie der meisten übrigen verdickten Holz- und Bastzellen. Hier gehört die spiralige Ablagerung der Verdickungsschichten den secundären Lagen der Zellstoffhülle an. Wo diese Streifung nicht schon an den frischen Zellen hervortritt, da wird sie oft nach der Behandlung mit Salpetersäure und chlorsaurem Kali oder anderen, Quellungserscheinungen hervorrufenden Reagentien deutlich und tritt dann, wie dies bei breiteren unverdickten Stellen schon an dem unverletzten Querschnitte der Fall ist, auf dem Querschnitte in Form von radialen aus dem Lumen nach der Peripherie der Zelle verlaufenden, feinen Streifen hervor, die sehr engen Porencanälen ähneln und auch für solche angesehen worden sind (Fig. 16, Seite 84).

Bei den Bastzellen der Asclepiadeen und Apocyneen zeigen die secundären Verdickungsschichten hie und da einfache Streifung (Fig. 41, I.), häufiger die auf Seite 81 u. f. besprochene interessante Formenbildung, indem das Spiralband in verschiedenen Schichten eine gerade entgegengesetzte Richtung besitzt, so dass die Zellstoffhülle von rhombischen Feldern bedeckt erscheint (Fig. 41, II.). Die dritte von Schacht für diese Zellen beschriebene horizontal gestreifte Schicht ist in den unverletzten Zellen entweder nicht vorhanden und wird erst durch Reagentien hervorgerufen, welche Quellungserscheinungen bewirken, wodurch die secundären Verdickungsschichten sich verkürzen und in der tertiären eine Faltung veranlassen (Fig. 41, III.), oder sie beruht auf anderen Verhältnissen, die theils in Durchschnittsansichten der unverdickten Stellen, theils in einer Faltung gewisser Schichten ihren Grund haben.

Eine unregelmässige Anordnung der spiralig spaltenförmigen verdünnten Stellen in den verschiedenen Lagen der secundären Ablagerungen hat Schacht in den Bastzellen mancher Palmen und in den Zellen einiger Holzarten nachgewiesen, dieselbe aber in seiner neueren unten angeführten Arbeit auf Zerstörung durch Pilze zurückgeführt. Eine ähnliche Configuration der secundären Zellstoffschichten findet sich hie und da in Verbindung mit scheinbar unbehöften Poren bei Brugmannsia suaveolens (Fig. 42), wo sie aber durchaus nicht auf der Zerstörung durch Pilzvegetation beruht.

Von Pilzen bewirkte Zerstörung der Verdickungsschichten. — Die Zerstörung, welche die Pilze in den Verdickungsschichten der Faserzellen hervorbringen, geschieht entweder vom Lumen der Zellen aus und kann dann bis zum mehr oder minder vollständigen Verschwinden der ersteren fortschreiten, wie es z. B. bei der Weissfäule der Buche ge-

schieht (Fig. 43, I.), oder die Pilzfäden dringen durch die offenen Porencanäle ein (Fig. 43, III) und es folgen ihre Bahnen der Richtung der Verdickungsschichten, so dass in der Regel spiral- oder netzförmige Aushöhlungen erscheinen. Häufig verfolgt der eindringende Pilz indessen nicht allein diese Wege und verzweigt sich mannigfach, so dass auf den Zellhüllen die verschiedenartigsten Zeichnungen entstehen. Zur Beobachtung dieser Erscheinungen, die

Fig. 41. Fig. 42.

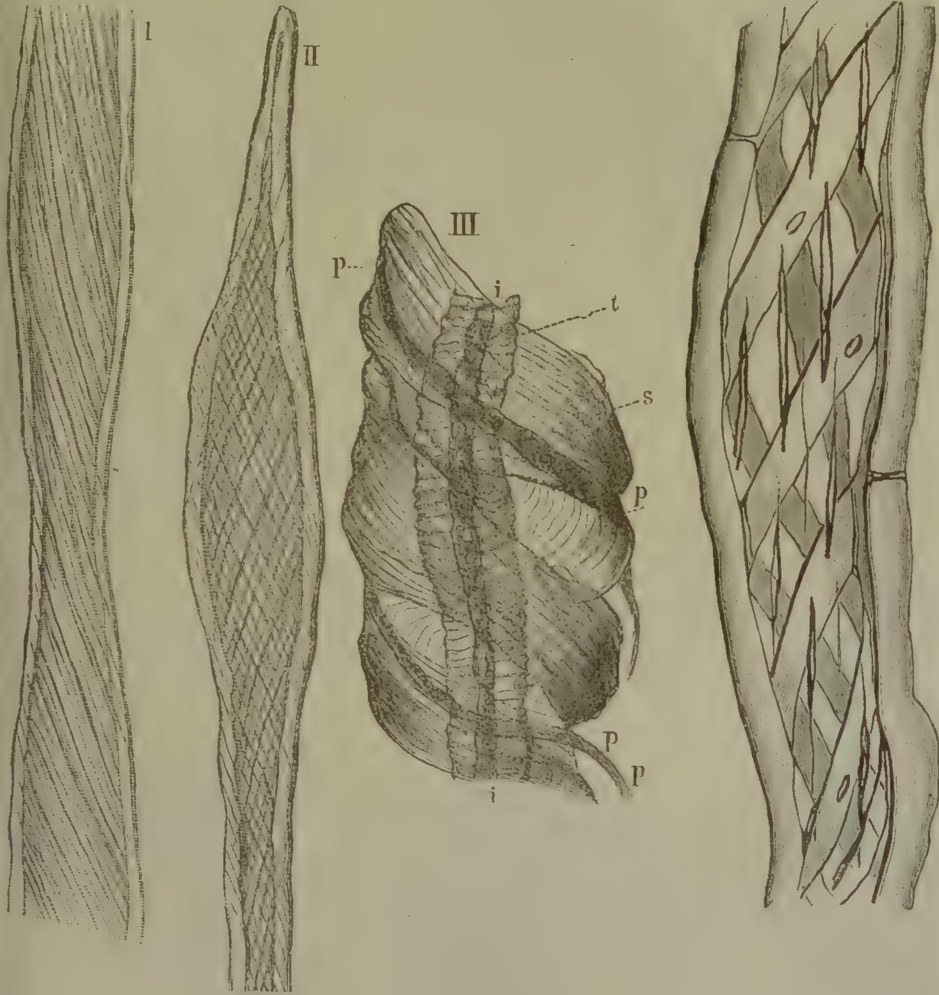
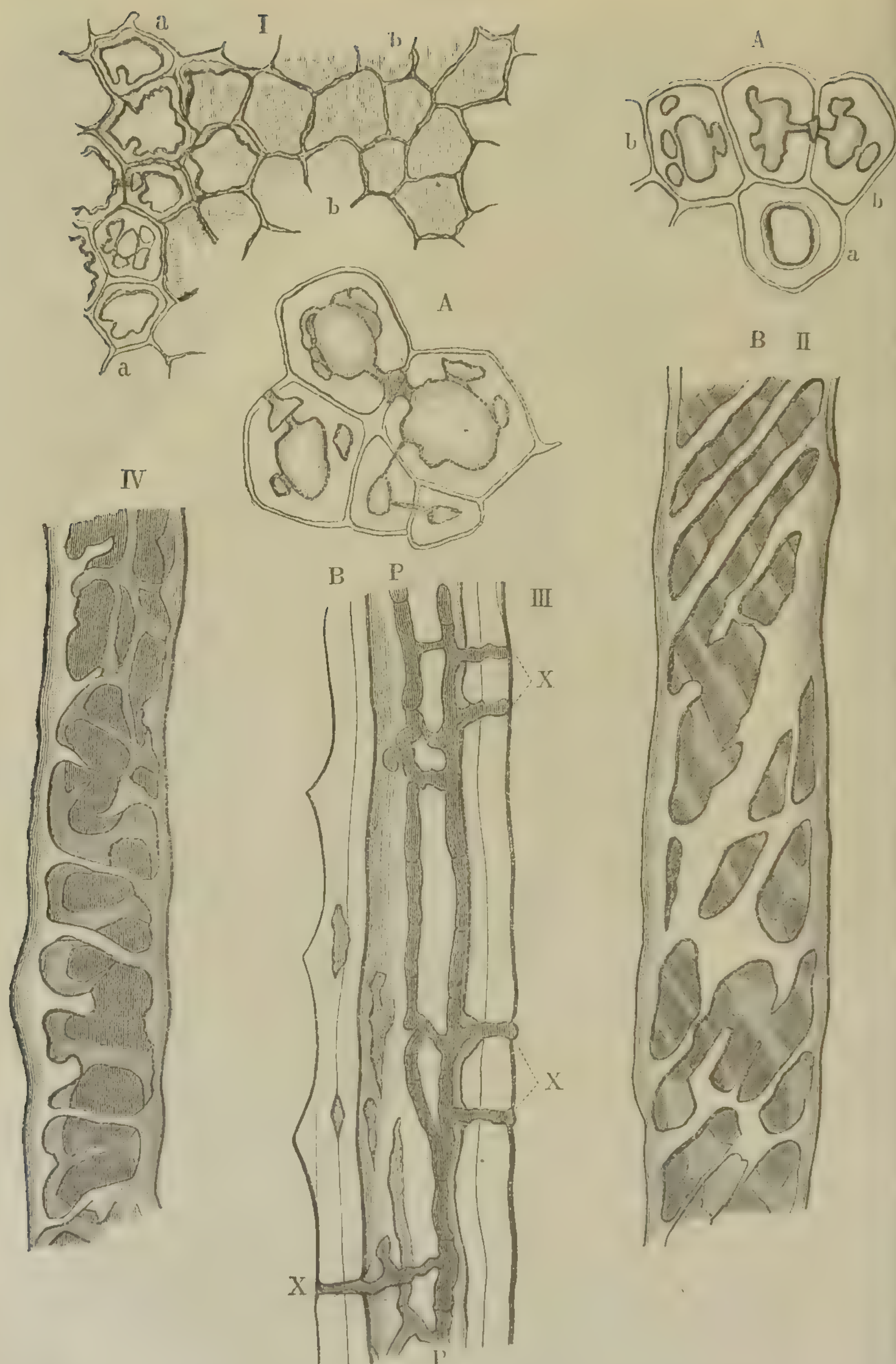


Fig. 41. I. Einfach gestreifte Bastzelle von Asclepias syriaca. — II. Bastzelle von Cynanchum vincetoxicum mit sich kreuzenden Spiralstreifen in verschiedenen Schichtencomplexen. — III. Eine einfach gestreifte Bastzelle von Asclepias syriaca nach der Behandlung mit Jod und Schwefelsäure. *ii* Inhalt, *p* primäre Zellhülle in Fetzen zerrissen, *s* aufgequollene secundäre (gestreifte) Verdickung, *t* tertiäre Zellhülle, in Folge der durch den Einfluss des Reagenses herbeigeführten Verkürzung der Zelle horizontal gestaltet. Vergr. 1 : 370.

Fig. 42. Bastzelle von Brugmannsia suaveolens mit spaltenförmigen, senkrecht gerichteten, verdünnten Stellen, breitem Spiralbande der inneren Verdickungsschichten und sämmtliche Zellhüllschichten durchbrechenden Poren. Vergr. 1 : 1000.

Fig. 43.



Durch Pilze hervorgerufene Zerstörung der Zellstoffhülle. I. Querschnitt aus dem Holze von Fagus sylvatica, bei *aa* die Zerstörung der secundären Schichten noch im Werke; bei *bb* die ganze Zellhülle bis auf mehr oder minder grosse Reste der primären Schicht zerstört und das Zellenlumen mit einer grumosen Masse erfüllt. Vergr. 1 : 660. —

ich hier nicht weiter verfolgen und bezüglich deren ich nur auf die beigegebenen Figuren (Fig. 43, I. bis IV.) und deren Erklärung, sowie auf die Schacht'sche Arbeit verweisen will, dienen theils Quer- und Längsschnitte, theils isolirte Zellen aus den betreffenden Pflanzentheilen.

Um sich genauen Aufschluss über die Beschaffenheit der secundären Ablagerungen überhaupt, namentlich aber über den Bau und die Anordnung der Poren zu verschaffen, muss man zarte Querschnitte sowohl als radiale und tangentiale Längsschnitte zur Beobachtung verwenden.

Man wird sich auf diese Weise das Geschlossen- oder Offensein der Porencanäle zur Anschauung bringen und davon überzeugen, dass die deutlich behöften Poren vorzugsweise auf den mit den Markstrahlen parallelen (radialen) Wandungen, seltener auf den nach dem Marke und nach der Rinde gewendeten (tangentialen) Wandflächen vorkommen, dass dagegen die scheinbar unbehöften Poren ziemlich gleichmässig nach allen Seiten vertheilt sind.

Ausser zarten Schnitten muss man aber auch zu Macerationspräparaten greifen und die Faserzellen in isolirtem Zustande beobachten, weil nur auf diese Weise eine klare Anschauung der äusseren Gestalt erlangt werden kann, die auf den Längsschnitten niemals scharf genug ausgeprägt hervortritt. Man verwendet am passendsten zu den Macerationspräparaten etwas dicke Längsschnitte, und lässt auf dieselben das macerirende Gemisch so lange einwirken, bis die anfänglich eintretende gelbe Färbung der Schnitte wieder verschwindet. Alsdann kocht man die, in eine flache, mit reinem Wasser gefüllte Schale geschütteten Schnitte einigemal in destillirtem Wasser, zuletzt mit Weingeist aus, um jede Spur der angewendeten Agentien daraus zu entfernen. Unter dem Präparirmikroskope kann man jetzt mittelst der Nadel die Zellen isoliren und auslesen, um sie unter dem Compositum zu betrachten, wobei man nicht versäumen darf, dieselben erforderlichen Falles um ihre Längsachse zu rollen.

Chemisches Verhalten der Zellhülle. — Das chemische Verhalten der verschiedenen Schichten der Zellstoffhülle, welche im jugendlichen Zustande immer aus reinem Zellstoff bestehen, ist bei den Faserzellen verschieden, und hat man sich durch die Anwendung der passenden Reagentien davon eine völlig genügende Kenntniss zu verschaffen.

In allen ihren Schichten unverholzte Faserzellen habe ich bis jetzt vorzugsweise in dem Basttheile des Gefässbündels der Asclepiadeen und Apocyneen gefunden. Behandelt man einen zarten Querschnitt von Ne-

II. Holz von Anona laevigata. *A* Querschnitt, bei *a* eine unverletzte Zelle, bei *bb* beginnende Zerstörung. *B* Theil einer macerirten Zelle mit schon weit fortgeschrittener Zerstörung, so dass nur noch einzelne Brücken der Verdickungsschichten stehen (die ganz zerstörten Stellen sind durch die dunkelste Schattirung angedeutet). Vergr. 1 : 780. — III. Bast aus Sabal umbracilifera. *A* Querschnitt einiger Zellen, *B* isolirtes Zellenstück mit noch in Thätigkeit begriffenen Pilzfäden (von brauner Farbe) *PP*, welche die Porencanäle durchdringen, bei *xx*. Vergr. 1 : 520. — IV. Theil einer fast völlig zerstörten Bastfaser von Toxodium distichum. Vergr. 1 : 520.

rium Oleander, Hoya carnosa, Asclepias currasavica oder Cynanchum vincetoxicum mit Chlorzinkjod oder mit Jod und Schwefelsäure, so zeigen die vereinzelt stehenden sowohl, als die gruppenweise geordneten, fast bis zum Verschwinden des Lumens verdickten Bastzellen fast sofort nach der Einwirkung des Reagenses und in allen ihren Theilen die Zellstoffreaction (Fig. XL.). Wo diese Zellen, was bei den genannten Familien nicht immer der Fall ist, noch zu einem vollständigen Gewebe vereinigt sind, da zeigen sich zwischen den röthlichblau oder blau gefärbten Zellen noch zarte weiss oder schwach gelb gefärbte Streifen der Intercellularsubstanz, welche sich in den Ecken, wo mehrere Zellen zusammenstossen, zu drei- bis viereckigen Zwickeln verdicken.

Eine Verholzung der primären und wohl auch der älteren secundären Zellstoffschichten, während die jüngeren secundären sowohl, als auch hie und da die tertiären Schichten unverholzt bleiben, tritt bei den Bastzellen von Urostigma- und Ficus-Arten, von Cytisus und Acer, ferner bei den stark verdickten, weniger häufig mit Poren besetzten Holzzellen der Eiche, des Ahornes, der Besenpfrieme u. s. w. auf. Nach der Behandlung mit Chlorzinkjodlösung färben sich hier die tertiäre, sowie entweder die älteren und jüngeren secundären, oder doch die jüngeren secundären Verdickungsschichten, welche sich schon im unverletzten Zustande durch ihr gallertartiges Aussehen auszeichnen, röthlich bis röthlichblau und zwar so, dass die Färbung der ersteren Schichten sich mehr dem Blau nähert als die der anderen (Fig. XLI. *t* u. *s*). Die primäre Zellstoffhülle oder diese sammt der ältesten secundären und häufig auch der tertiären Schicht nehmen dagegen eine verschieden nüancirte gelbe Färbung an (Fig. XLII. *p* u. *t*). Kocht man diese Zellen in Aetzkali oder behandelt man sie mittelst des Schulz'schen Macerationsgemisches, wäscht sie gehörig aus, und wendet dann Chlorzinkjodlösung an, so färben sich auch die vorher gelben Schichten der Zellstoffhülle in der dem Zellstoff eigenen Weise. Nur die Intercellularsubstanz gibt sich, wo sie nicht durch die vorgängige Behandlung aufgelöst worden war, durch ihre gelbe Färbung zu erkennen.

In den meisten Fällen erscheinen sämmtliche Schichten der Zellstoffhüllen unserer Zellen mehr oder minder stark verholzt (Fig. XXX., XXXII. und XXXIII.), oder es zeigt doch nur die tertiäre Verdickungsschicht Zellstoffreaction. Letzteres ist jedoch nicht immer der Fall, wie Schacht behauptet. Je nach dem Verholzungsgrade treten auf die Einwirkung von Jod und Schwefelsäure oder von Chlorzinkjodlösung die weiter oben näher beschriebenen Farbenabänderungen ein. Kocht man die betreffenden Objecte jedoch mit Aetzkali oder mit Salpetersäure und chlorsaurem Kali, so reagiren sämmtliche Theile der Zellstoffhülle auf Cellulose und nur die Intercellularsubstanz nimmt, wo sie etwa nicht zerstört ist, ihre gelbe Färbung an.

Da wo die Faserzellen an Parenchymzellen anstossen, wo dieselben also geschlossene Poren besitzen, bleiben die Theile der Zellstoffhülle,

welche die Schlusswände dieser letzteren bilden, ganz unverholzt oder verholzen doch nur in geringerem Grade, so dass sie sich entweder sofort oder doch nach längerer Einwirkung von Chlorzinkjodlösung oder Jod und Schwefelsäure mehr oder minder rein violett bis blau färben.

Literatur: Die betreffenden Abschnitte aus den unter 1. (Parenchymzellen) angeführten Werken.

Th. Hartig: In Bot. Zeitung 1848, 1853 u. 1859.

Schacht: Ueber eigenthümliche Erscheinungen in den Verdickungsschichten. Bot. Zeitung 1850, Seite 697 u. f.

Sanio: Einige Bemerkungen etc. Ueber die tertiäre Verdickungsschicht der Holzzellen. Bot. Zeitung 1860, Nro. 23.

C. Sanio: Vergleichende Untersuchungen über die Elementarorgane des Holzkörpers. Botanische Zeitung 1863, Nro. 13 u. f. II. Bastfaserähnliches System.

Schacht: Ueber die Veränderungen durch Pilze in abgestorbenen Pflanzenzellen. Pringsheims Jahrbücher, Bd. III., Heft III. 1863.

3. Röhrenzellen.

Vorkommen der Röhrenzellen. — Die Röhrenzellen treten wie die vorhergehenden nur in dem Gefässbündel auf und gehören theils dessen Holztheil (Gefässe der Autoren), theils dessen Basttheil (Siebröhren, Gitterzellen) an.

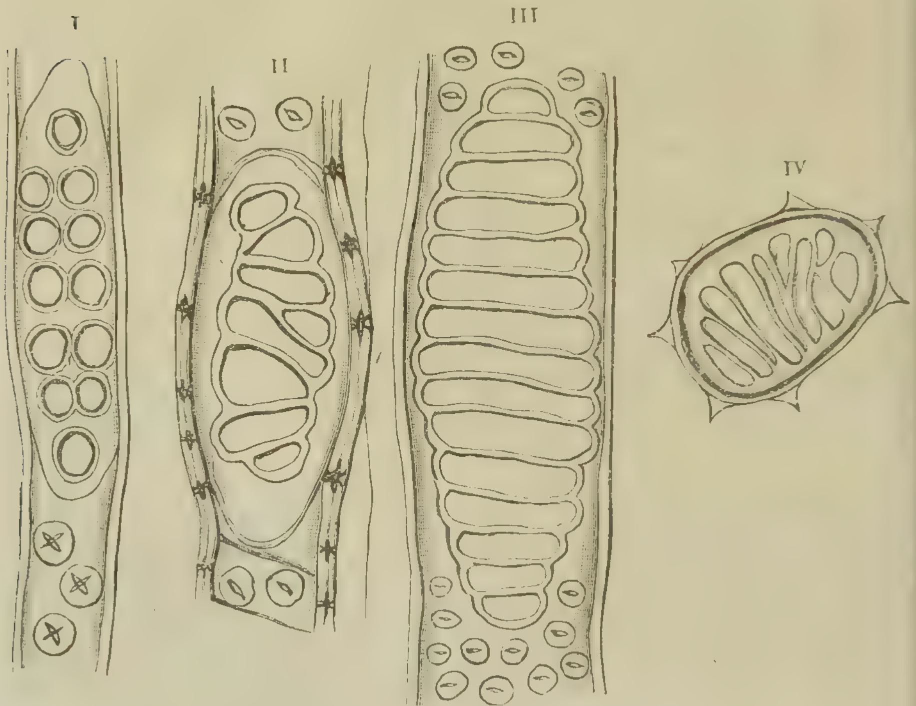
Gestalt der Röhrenzellen. — Die Gestalt dieser Elementarorgane ist seltener eine prismatische, häufiger eine cylindrische, wobei die Längendimension über die beiden anderen bald sehr bedeutend, bald nur wenig überwiegt. Von den gestreckten Parenchym- und den Faserzellen unterscheiden sich die Röhren- oder Gefässzellen wesentlich dadurch, dass ihre horizontalen bis mehr oder minder geneigten Querscheidewände entweder nur solange vorhanden bleiben, als sie noch Säfte führen und resorbirt werden, sobald Luft als deren Inhalt auftritt, oder dass dieselben wo sie bleiben, eine von jener der Längswände meist deutlich zu unterscheidende Configuration besitzen.

Die Durchbrechung der Querscheidewände erfolgt auf verschiedene Weise.

Bei solchen Gefässzellen des Holzbündels, wo die Querwände horizontal stehen oder doch nur wenig geneigt sind, wird die Durchbrechung meistens mittelst eines grossen, behöften Poren bewerkstelligt, so bei Quercus, Fagus, Fraxinus, Carica u. s. w. (Fig. 50, Seite 128) und erscheint nur selten netzförmig durchbrochen, wie bei Pteris aquilina (Fig. 44, IV.). Nehmen die Scheidewände eine mehr geneigte Lage an, so trifft man, wo nicht ein einfacher grosser Porus auftritt, entweder runde (Ephedra), (Fig. 44, I.) oder längliche Poren (Lonizera, Viburnum, Corylus, Carpinus etc.) als sogenannte netz- und leiterförmige Durchbrechung (Fig. 44, II. und III.).

Verdickungsweisen der Röhrenzellen. — Man unterscheidet von den Röhrenzellen, deren Wandung nur in den allerersten Entwickelungsstadien homogen erscheint, je nach der Configuration der Verdickungsschichten ihrer Zellstoffhüllen, welche indessen fast niemals eine so bedeutende Stärke erreichen, wie es bei manchen Faserzellen der Fall, verschiedene Formen.

Fig. 44.



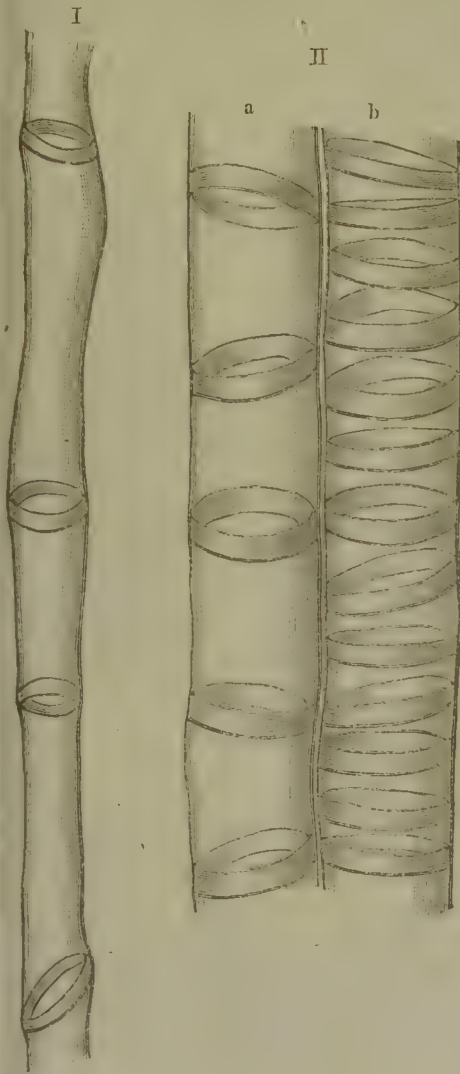
Verschiedene Durchbrechung der Gefässscheidewände. I. Aus dem Längsschnitt von Ephedra distycha (porös). — II. Desgleichen von Lonicera caprifolium (netzförmig). — III. Desgleichen von Betula alba (leiterförmig). — IV. Aus dem Querschnitte durch ein Gefäss von Pteris aquilina mit horizontaler netzförmig durchbrochener Scheidewand. Vergr. 1 : 400.

Ringförmig verdickte Röhrenzellen.

Die ringförmig verdickten Röhrenzellen bilden die Ringgefässzellen oder Ringgefässe in der Markscheide der Gymnospermen und Dikotyledonen; sie finden sich neben den Spiralgefässen in den Gefässbündeln der Monokotyledonen und fehlen auch jenen der Gefässkryptogamen nicht. In der Markscheide des dikotyledonen Gefässbündels sind sie meistens sehr eng und von bedeutender Länge. Weitere Ringgefässe trifft man in dem Stengel der krautartigen Gewächse (Balsamine u. s. w.) sowie in

dem Gefässbündel der Monokotyledonen (Phragmites, Calamus, Zea, u. s. w.). In den ersteren sind die Ablagerungsschichten von geringerer Mächtigkeit, dagegen erreichen sie in den Ringzellen der Monokotyledonen, der Balsamine u. s. w. eine bedeutende Dicke und lassen häufig mit voller Bestimmtheit eine optische Verschiedenheit der primären, secundären und tertiären Schichten erkennen, wie dies schon auf Seite 77 hervorgehoben worden ist (Fig. 45). Die Form dieser Röhrenzellen ist bald eine rein cylindrische, bald erscheinen sie zwischen je zwei Ringen tonnenförmig erweitert (Fig. 20, V., S. 77).

Fig. 45.



Ringförmig verdickte Röhrenzellen. I. Von Balsamina hortensis mit sehr weit abstehenden Ringen. — II. Von Phragmites communis, *a* mit weiter abstehenden, *b* mit mehr genäherten Ringen. Vergr. 1 : 400.

Spiralförmig verdickte Röhrenzellen.

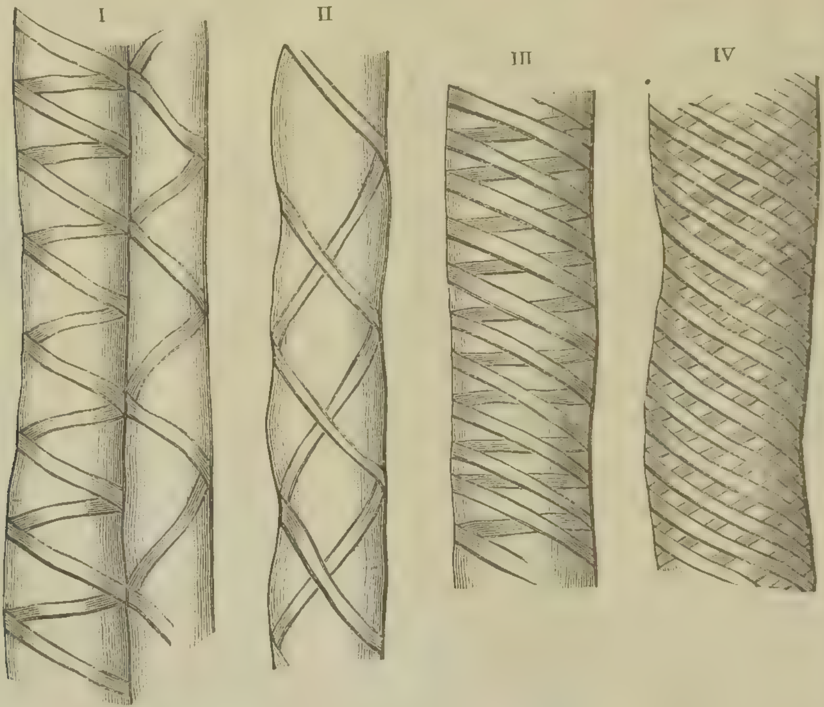
Die spiralförmig verdickten Röhrenzellen theilen mit den voranstehenden gleiches Vorkommen. In der Regel erscheinen sie in der Markscheide der Dikotyledonen in solcher Reihenfolge, dass am weitesten nach Innen Zellen mit sehr weiten Windungen des Spiralbandes stehen, während weiter nach Aussen die Windungen immer enger werden. Hervorgerufen wird diese Verschiedenheit durch das Wachsthum des betreffenden Theiles der Gefässbündel. Wo dieses noch eine bedeutende Streckung erleidet, da rücken die Windungen während des Entwickelungsganges mehr und mehr auseinander, während sie in solchen Zellen, die ihre ursprüngliche Länge nahezu beibehalten, fast in ihrer anfänglichen Stellung verharren.

Die Richtung der Windungen ist in den meisten Fällen linksläufig, d. h. sie steigen von Rechts nach Links in die Höhe. Man trifft indessen

auch häufig rechts gewundene, d. h. von Links nach Rechts aufsteigende Spiralbänder an.

Die Anzahl der Spiralbänder kann von einem einzigen bis zu zehn und mehreren steigen, wofür namentlich die Spiralgefässe der Dahlia-, Musa- und Canna-Arten u. s. w. schöne Beispiele liefern (Fig. 46).

Fig. 46.



Spiralig verdickte Röhrenzellen; I. aus Dahlia variabilis, mit einfachem Spiralbande; II. und III. aus Balsamina hortensis, mit doppeltem Spiralbande; IV. aus Dahlia mit sechs Spiralbändern. Vergr. 1 : 370.

Wo das Spiralband in ziemlicher Mächtigkeit entwickelt ist, wie bei Balsamina hortensis, Arundo donax, Phragmites communis, Calamus Rotang, da erkennt man ebenso wie bei den Ringzellen, deutlich dessen Zusammensetzung aus einer secundären und tertiären Verdickungsschicht (Fig. 21, Seite 79).

Uebergänge. — Uebergänge der spiraligen Verdickung in die ringförmige findet man nicht selten und zwar in ein und derselben Zelle, so dass ein Theil Ringe der anderen Spiralbänder enthält oder dass zwei aufeinanderfolgende Ringe durch ein fast senkrecht aufsteigendes Spiralband mit einander verbunden sind (Fig. 20, IV., Seite 78).

Entstehung der Verdickungsbänder. — Die Entstehung der ringförmigen sowohl als der spiraligen Verdickungsschichten der Röhrenzellen lässt sich bei den meisten Gewächsen kaum verfolgen, da die be-

treffenden Gewebe zu kleinzellig und in der Regel mit einem sehr trüben Inhalte erfüllt sind. Macht man z. B. Längsschnitte durch den Vegetationskegel irgend einer im Langenwachsthum begriffenen Pflanze, so kann man zwar beobachten, wie die jüngsten Zellen einer senkrechten Reihe noch die parenchymatische Form haben, während die älteren sich mehr und mehr strecken und nach und nach mit ring- oder spiralförmigen Verdickungsschichten gezeichnet erscheinen. Das Hervorgehen der letzteren aber aus dem Inhalte resp. aus dem Protoplasma lässt sich kaum mit Sicherheit feststellen. Leichter gelingt die Verfolgung dieses Prozesses in den jüngeren Stengelgliedern solcher krautartigen Gewächse, in denen die jüngeren Spiralröhren weiter und kürzer sind, sowie in den Gefässbündeln der Monokotyledonen. Soweit hier meine Beobachtungen, die noch keineswegs vollkommen abgeschlossen sind, mir einen Anhaltspunkt gewähren, entstehen die in Rede stehenden Verdickungsschichten ganz in derselben Weise, wie ich es bei den Schleuderzellen der Lebermoose, sowie bei den Spiralzellen in der Wand der Lebermooskapsel und der Antheren beobachtet habe (Fig. XXVI.).

Fig. 47.



Spiralig verdickte Röhrenzelle aus Tradescantia virginica (Blüthenschaft), mit einem Spiralbande, welches an der vorderen Seite eine weit stärkere Steigung zeigt, wie an der hinteren. Vergr. 1 : 400.

Auf die Entstehung und spätere Form der Spiralbänder, namentlich was ihre Steigung betrifft, sind, wie wir dies auch bei den später zu betrachtenden Formen finden werden, die miteinander in Berührung stehenden Zellen sicher nicht ganz ohne Einfluss. So trifft man z. B. häufig auf Fälle, wo die Spirale in der Art entwickelt ist (Tradescantia, Arundo, Phragmites, Zea), dass sie an der einen Seite eine ziemlich steile Steigung besitzt, während sie an der anderen Seite fast horizontal oder nur sehr wenig steigend verläuft (Fig. 47).

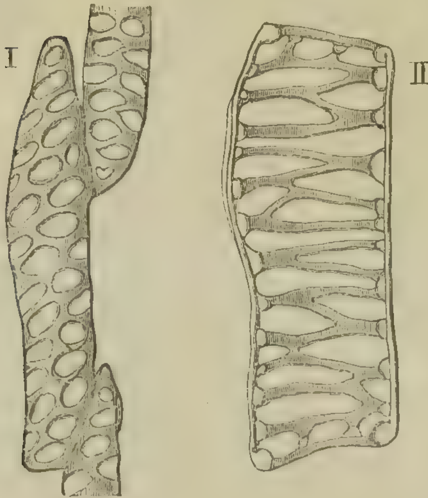
Präparationsweise. — Um sich über die Structur der Spiralröhren, namentlich auch über die Zahl der Spiralbänder Aufschluss zu verschaffen, sind neben zarten Längs- und Querschnitten vorzugsweise Macerationspräparate geeignet. Für die Untersuchungen über die Entstehung der Verdickungsschichten sind dagegen nicht zu zarte Längsschnitte anzufertigen, in denen man unverletzte Röhrenzellen erhält, und ist es gut, eine mit dem Protoplasma etwa gleiches endosmotisches Aequivalent besitzende Flüssigkeit, wie deren auf Seite 271 des ersten Bandes beschrieben sind, anzuwenden, um abnorme Diffu-

sionsverhältnisse und damit Störungen in dem bildungsfähigen Inhalte zu vermeiden.

Netzförmig verdickte Röhrenzellen.

Netzförmig verdickte Röhrenzellen (Fig. 48) finden sich fast in allen Samenpflanzen; am schönsten jedoch in den krautartigen (Balsamine, Kürbis, Schöllkraut u. s. w.). Sie folgen im Alter auf die Spiralzellen, und stehen somit im Gefässbündel weiter nach Aussen als diese. Da sie ihre Ausbildung zu einer Zeit erlangen, wo die Längenerstreckung des betreffenden Gewebetheiles auf ein sehr kleines Maass herabgesunken ist oder ganz aufgehört hat, so sind diese Zellen in der Regel verhältnissmässig kurz, dagegen erlangen sie nicht selten eine bedeutende Weite. Auch hier trifft man häufig auf Uebergänge der Spiralzellen in netzförmig verdickte Zellen. Sehr schön sind dieselben in dem Stengel der Gartenbalsamine zu beobachten, wo überhaupt die netzförmig verdickten Röhrenzellen in den mannigfachsten Modificationen auftreten.

Fig. 48.



Netzförmige Röhrenzellen; I. aus dem Stengel von Cucurbita pepo; II. aus dem Astholze von Carica mikrocarpa, im Durchschnitt gesehen. Vergrösserung 1 : 400.

Entstehung der Verdickungsschichten. — Die Entstehung der netzförmigen Verdickungsschichten ist weit sicherer zu verfolgen als die der Spiralbänder. Ich habe dieselbe in den jungen, kräftig wachsenden Internodien der Balsamine sowohl als der Brugmannsia suaveolens beobachtet und mich davon überzeugt, dass sie ihrem Ursprung nach mit den netzförmig verzweigten Wandströmen des Protoplasmas in engster Beziehung steht.

Ganz junge derartige Zellen, welche sich in ihrer Weite kaum von den übrigen mit ihnen entstandenen Zellen des Gefässbündels unterscheiden, sind mit einer gleichförmigen höchst feinkörnigen Wandschicht von Protoplasma ausgekleidet, und lassen sogenannte Binnenströmchen beobachten. Später zeigt sich bei den mehr erweiterten Zellen eine Anzahl zarter netzförmiger Protoplasmaströmchen (Fig. XXVIII., I.), die nach der

Anwendung eines wasserentziehenden Reagenses sich von der jungen Zellstoffhülle ablösen (Fig. XXVIII., II.). Nach und nach gehen diese Ströme in breitere, immer noch mehrfacher verzweigte (netzförmige) Ströme über, die gegen die Zellstoffhülle hin von einer mehr homogenen, dickflüssigeren, nach Innen von einer körnigen Substanz gebildet werden (Fig. XXVIII., III.). Auf dieser Entwickelungsstufe scheidet sich zwischen der Zellhaut (Primordialschlauch) und der Zellstoffhülle die verdickende Zellstoffschicht ab, und man erkennt nach der Behandlung mit einem der endosmotischen Mittel deren Vorhandensein.

Obwohl es bei aller angewendeten Vorsicht in Bezug auf die Beobachtungsflüssigkeit u. s. w. nicht immer gelingt, die Bewegung des Protoplasmas mit Sicherheit zu erkennen, so muss es doch auf jeden Fall gerechtfertigt erscheinen, auch da, wo diese Strömchen mehr als ruhende Fäden erscheinen, deren ursprüngliche Bewegung anzunehmen und die Entstehung der Verdickungsschichten in der oben angegebenen Weise zu erklären.

Fig. 49.



Netzförmig verdickte Röhrenzelle von Impatiens noli-tangere, welche da, wo sie an Holzzellen angrenzt, porös und feinspiralig gestreift erscheint. Vergr. 1 : 370.

Für die Ausführung der Beobachtung gilt ganz dasselbe, was ich oben bei den Spiralröhrenzellen hervorgehoben habe.

Einfluss der angrenzenden Zellen auf die Form der Verdickungsschicht. — Auch bei den netzförmig verdickten Röhrenzellen macht sich der Einfluss der mit ihnen in seitlicher Verbindung stehenden Elementarorgane geltend. So habe ich namentlich bei den Balsaminen häufig beobachtet, dass die mit netzförmigen Röhrenzellen in Berührung stehenden Seiten netzförmig verdickt waren, während die an spiralige Röhrenzellen anstossenden spiralig, die an poröse Faserzellen grenzenden porös verdickt und hie und da mit feinen spiraligen Streifen gezeichnet erscheinen (Fig. 49).

Poröse Röhrenzellen.

Die porösen Röhrenzellen haben unter allen die weiteste Verbeitung. Die Poren sind hier immer deutlich behöfte. Bald sind Poren und Höfe kreisrund, bald die ersteren spaltenförmig, bald erscheinen beide mehr oder minder stark in die Breite gezogen (Fig. 50).

Die Weite der porösen Röhrenzellen wechselt je nach den Pflanzen und selbst in ein und derselben Pflanze bedeutend. Dieselbe ist in dem

inneren Theile der älteren Jahresringe immer grösser, als in dem äusseren. Ebenso zeigt das Wurzelholz weitere Röhrenzellen als das Stamm- und Astholz, so dass sich bei der Eiche das Verhältniss ihres Durchmessers bei Wurzel-, Stamm- und Astholz als entschieden merkbar darstellt. Die weitesten Röhrenzellen kommen unter unseren einheimischen dikotyledonen Gewächsen in dem Gefässbündel der Waldrebe, der Eiche, des Kürbis u. s. w. vor.

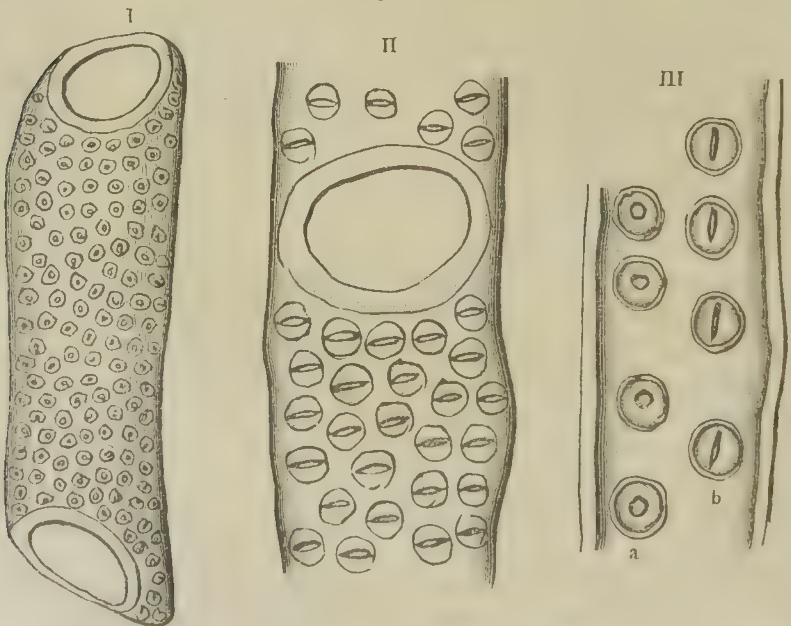
Bei den einheimischen Monokotyledonen trifft man in je einem Gefässbündel meistens nur eine oder wenige weite Röhrenzellen, während sie bei den Gefässkryptogamen namentlich den Farrenkräutern allgemein eigen sind.

Unter den tropischen Pflanzen sind es namentlich die Schlingpflanzen, sodann einige Palmen (Calamus Rotang), welche ausserordentlich weite Röhrenzellen besitzen; ja diejenigen der letzteren Pflanze sind die weitesten, die ich bis jetzt beobachtet habe.

Rundbehöfte poröse Röhrenzellen. — Diese Röhrenzellen bilden den grösseren Theil der Dikotyledonen-Gefässe.

Die Poren sind, wie schon oben hervorgehoben, immer deutlich behöft, mögen sie an behöfte oder unbehöfte poröse Zellen anstossen. Anderweitigen Angaben muss ich in dieser Beziehung auf Grund sorgfältig an-

Fig. 50.



Poröse Röhrenzellen. I. Aus dem Stengel von Phragmites communis mit zahlreichen kleinen behöften Poren. — II. Aus dem Stamme von Brugmannsia suaveolens mit ziemlich grossen behöften spaltenförmigen Poren. — III. Aus Metteniusa sp. mit behöften Poren, bei *a* mit rundem, bei *b* (an Holzzellen grenzend) mit fast senkrecht stehendem spaltenförmigen Porencanal. Vergr. 1 : 400.

gestellter und zahlreicher Beobachtungen an unseren einheimischen Pflanzen widersprechen.

Der Porus selbst ist bald spaltenförmig und dann horizontal (Cucurbita pepo, Brugmannsia, Clematis) (Fig. 50, II.) oder linksläufig, seltener rechtsläufig ansteigend schief gestellt bis senkrecht (Fig. 50, III. *b*), bald erscheint derselbe kreisrund (Fig. 50, III. *a*). Auch trifft man häufig (Clematis) mehrere Poren von einem schmalen in die Breite gezogenen Hof umgeben.

Röhrenzellen mit in die Breite gezogenem Hofe, sogenannte Treppengefässe. — Die Röhrenzellen mit in die Breite gezogenen Poren und Höfen (Fig. 51) hat man als treppenförmige bezeichnet, obwohl eigentlich kein Grund vorliegt, dieselben von den porösen zu trennen. Man findet dieselben namentlich häufig in dem Gefässbündel der Gefässkryptogamen und Monokotyledonen. Sie treten aber auch, soweit meine eigenen Beobachtungen reichen, wenn auch mehr vereinzelt, fast in allen dikotyledonen Pflanzen auf. Aus dem Weinstock sind sie schon länger bekannt. Auch wurden sie schon von H. v. Mohl in der Markscheide der Zapfenbäume und Cykadeen beobachtet. Ich selbst habe in der neueren Zeit ihre weite Verbreitung in der ersteren Familie nachgewiesen. Von den übrigen Dikotyledonen zeigen sie namentlich die krautartigen Gewächse (Balsamine, Kürbis, Schöllkraut, Mohn, Kapuzinerkresse u. s. w.) sehr schön, ebenso aber auch manche Holzgewächse (Ficus, Urostigma, Lonicera, Viburnum, Daphne u. s. w.).

Fig. 51.



Theil eines sogenannten Treppengefässes von Pteris aquilina. *ss* die netzförmig durchbrochene Querscheidewand. Vergr. 1 : 370.

Dippel, Mikroskop. II.

Die senkrecht offene Verbindung dieser Zellen wird bald durch einen einzigen grossen Tüpfel Alsophila, Zea, Phragmites) bewirkt, bald ist sie eine netz- bis leiterförmige, so namentlich bei der Mehrzahl der Gefässkryptogamen, bei vielen Monokotyledonen und den meisten jener Dikotyledonen, welche sehr steil ansteigende Querwände besitzen (Lonicera, Vitis, Viburnum u. a.). Bei der Weisstanne habe ich in der Markscheide des Wurzelholzes in der neuesten Zeit dieselben hie und da mit nahezu horizontalen Scheidewänden angetroffen, welche einen grösseren oder zwei kleinere offene, behöfte Poren zeigten, die jenen der Holzfasern gleichen. Dies Verhältniss findet sich indessen manchmal auch bei den ihnen zunächst stehenden Holzzellen.

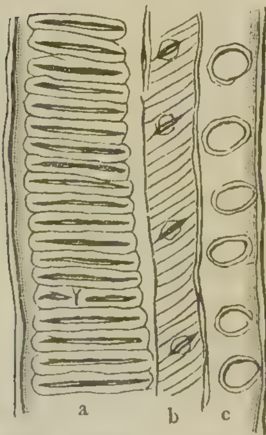
Bei den Monokotyledonen und Gefässkryptogamen sind auch die Querwände der

treppenförmigen Röhrenzellen häufig so sehr in die Länge gezogen, dass letztere gleichsam zugespitzt erscheinen, und erkennt man sie dann nicht immer mit so deutlich von der Längswand verschiedener Configuration versehen, wie man es sonst beobachtet. Dennoch gehören diese Elementarorgane auch hier — schon der Analogie halber — unzweifelhaft zu den wahren Röhren- (Gefäss-) zellen und man braucht aus denselben keineswegs eine mit eigenem Namen zu belegende Uebergangsstufe zu den Faserzellen zu bilden.

Wo die Wandungen dieser Röhrenzellen an die Wände gleicher Zellen anstossen, da sind die Poren und Höfe immer in die Breite gedehnt, wo dagegen poröse Faserzellen oder auch Parenchymzellen mit ihnen verwachsen sind, da treten runde oder spaltenförmige Poren mit mehr kreisförmigen Höfen auf.

Einfluss benachbarter Gewebeelemente auf den Bau der Zellhülle. — Der Einfluss der benachbarten Elementarorgane macht sich bei den porösen Röhrenzellen auf das allerentschiedenste kenntlich, und hat man bei deren Untersuchung hierauf sein Augenmerk zu richten. Wo dieselben an kleinporige Parenchymzellen grenzen, da nehmen die Höfe oft an Weite bedeutend ab und ändern ihre Form vom Kreisförmigen in das Länglichrunde. In gleicher Weise nimmt deren Grösse ab, wo sie an unbehöfte oder kleiner behöfte Faserzellen angrenzen (Fig. 52). Auch auf die Anzahl der Poren selbst hat dieser Umstand Einfluss, indem dieselbe mit der Anzahl der Poren auf den Wänden der angrenzenden Zellen in Uebereinstimmung steht. Auf die mannigfachen Verschiedenheiten in dieser Beziehung kann hier natürlich nicht ausführlich eingegangen und muss einestheils auf den folgenden Abschnitt hingewiesen, anderentheils die Ermittelung der betreffenden Thatsachen der eigenen Beobachtung empfohlen werden. Zahlreiche Beiträge für diese Organisationsverhältnisse hat neuerdings Sanio geliefert und werde ich selbst in einem später erscheinenden Werke über den Bau des Holzkörpers unserer deutschen Waldbäume ein reiches Material zu liefern im Stande sein.

Fig. 52.



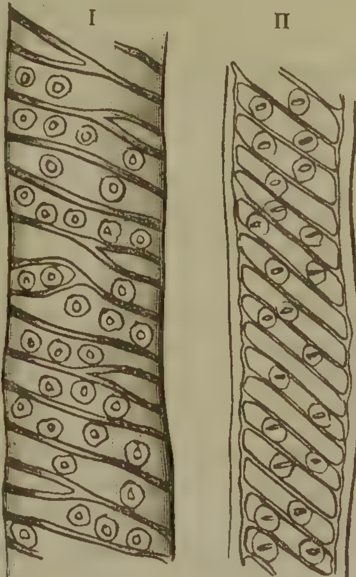
Theil einer Gefässzelle von Vitis vinifera, welche an den drei Stellen *a*, *b* und *c* verschiedene poröse Verdickungsformen zeigt, je nachdem dieselbe an Gefässzellen, Holzzellen oder Holzparenchymzellen grenzt. Vergr. 1 : 400.

Porös-spiralige Röhrenzellen.

Eine eigene Modification der porösen Röhrenzellen bilden die sogenannten gemischten Gefässzellen, wo neben der porösen noch eine spiralförmige Verdickung vorkommt, wie dies bei der Linde, der Hainbuche, dem Schneeball, Weinstock, Geisblatt u. s. w. der Fall ist. Die spiralige Verdickung besteht hier immer aus einem schmalen Spiralbande, welches der jüngsten (tertiären) Verdickungsschicht angehört, Fig. 53, und eine der Steigung der spaltenförmigen Poren entgegengesetzte Steigung zeigt. Während jene z. B. linksläufig ist, ist diese rechtsläufig und (seltener) umgekehrt.

Stärke und chemisches Verhalten der Verdickungsschichten. — Die Zellstoffhülle der porösen Röhrenzellen ist in der Regel im Verhältniss zu deren Lumen nicht bedeutend verdickt. Eine stärkere Verdickung beobachtet man namentlich bei den engeren Gefässen der Esche, des Oleanders, des Kürbis. Ihre Verholzung durch alle Schichten erfolgt in der Regel sehr bald und in hohem Maasse, so dass schon die Wände verhältnissmässig noch sehr junger Röhrenzellen mit Ausnahme der tertiären Schicht durch Chlorzinkjodlösung gelb gefärbt werden. Erst nach vorbereitender Behandlung mittelst der schon öfter genannten chemischen Mittel tritt in allen Verdickungsschichten die Reaction auf Zellstoff hervor.

Fig. 53.



Netzförmig poröse und spiralig poröse Röhrenzelle. I. Von Tilia grandifolia (von oben gesehen). — II. Von Cestrum aurantiacum (als Durchschnitt gesehen). Vergr. 1 : 400.

Präparationsweise. — Zur Beobachtung der Structur ausgebildeter poröser Röhrenzellen sind die drei Arten der Schnitte nicht ausreichend. Obwohl der Querschnitt und die beiden Längsschnitte über den Bau der Poren hinreichenden Aufschluss zu gewähren vermögen und auch die Durchbrechung der Querscheidewände (für die leiterförmig durchbrochenen ist der Radialschnitt vorzugsweise geeignet) erkennen lassen, so genügen sie doch zum Studium der Structur der Seitenwände nach verschiedenen Seiten nicht vollständig und es müssen denselben Macerationspräparate zur Seite treten.

Die Entstehung der Tüpfel der Seitenwände sowohl als der Querscheidewände erfolgt ganz in der früher geschilderten Weise (siehe die Figuren 32, I. und II.), und eigenen sich zu deren Beobachtung zarte, durch das Cambium geführte Quer- und Längsschnitte, welche zur Zeit des üppigsten Wachsthumes genommen werden müssen.

Siebförmig poröse Röhrenzellen, „Siebröhren", „Gitterzellen".

Die siebförmig porösen Röhrenzellen, von denen Fig. 54 die verschiedenen Typen zeigt, gehören nur dem Basttheile des Gefässbündels an und treten bei den Gefässkryptogamen, Monokotyledonen, Gymnospermen und Dikotyledonen auf. Ihre Weite ist, mit Ausnahme jener aus einigen tropischen Farrnkräutern (Cyathea, Alsophila), nicht so bedeutend wie diejenige der netzförmigen und porösen Röhrenzellen.

Es gehören hierher die von Hartig zuerst entdeckten, von ihm Siebröhren, von H. v. Mohl Gitterzellen genannten Organe sowohl, als die Milchsaftgefässe, deren Stellung in dem Gefässbündel ich durch meine beiden Preisfragen über diese Organe in neuester Zeit mit Sicherheit nachgewiesen habe.

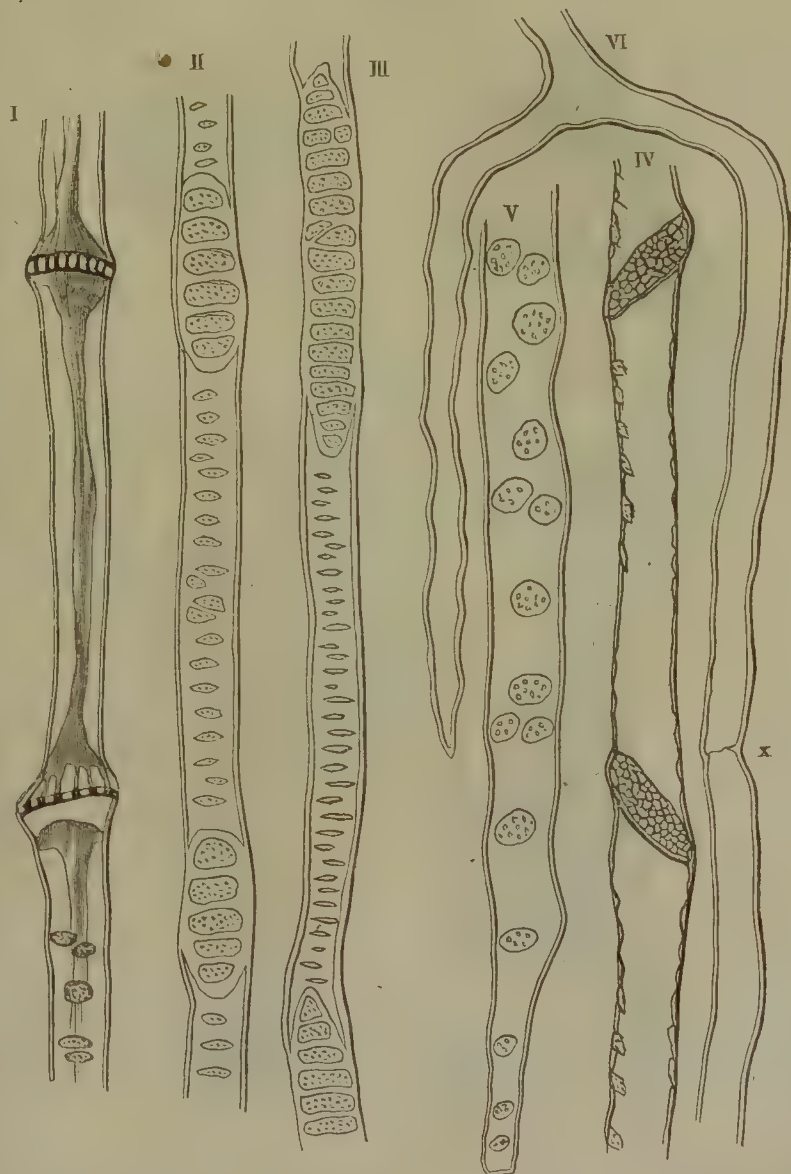
Querscheidewände. — Die Querscheidewände besitzen bald eine horizontale, bald eine mehr nach der Seite der Markstrahlen geneigte Stellung.

Im ersteren Falle geschieht deren Durchbrechung mittelst eines einzigen grossen Poren, dessen Schliesshaut indessen nicht resorbirt, sondern — bei einer eigenthümlichen, nur in der Jugend auftretenden, gallertartigen Verdickung — von rundlichen oder vieleckigen Löchern durchbrochen wird, wodurch dieselbe das Ansehen eines Siebes oder Gitters erhält (Fig. 55, I. *A* u. *B*, a. S. 134). Eine derartige Durchbrechung der Querwände tritt bei den betreffenden Zellen des Kürbis, der Zaunrübe, der Waldrebe, des Hopfens, der Georgine, des Schöllkrautes, der Zwiebel, der Musa, sowie der meisten krautartigen Di- und Monokotyledonen und der Equiseten auf.

Sind die Querscheidewände geneigt, so zeigen sie, mit Ausnahme der Buche, welche einen einzigen schiefstehenden grossen Poren besitzt (Fig. 55, II, a. S. 134), eine ähnliche Structur wie diejenigen der leiterförmig durchbrochenen porösen Röhrenzellen, wobei indessen die Schliesshäute der einzelnen grossen, querovalen Poren wiederum sieb- oder gitterartig durchbrochen sind (Pteris, Cyathea, Alsophila, Calamus, Caryota, Scheelea, Corypha, Sabal etc., Vitis, Bignonia, Tilia, Populus, Aesculus, Sorbus, Quercus u. s. w.) (Fig. 55, III, a. S. 134). Bei den Nadelhölzern sowie bei manchen Farnkräutern ähneln die Siebröhren in ihrer Form den Holzzellen und legen sich mit schiefen Enden aneinander, die bis in die Spitze hin kleinere Siebporen zeigen (Fig. 54, V.).

Eine vollständige Resorption der anfänglich immer vorhandenen horizontalen oder wenig geneigten Querscheidewände findet bei den verzweigten und netzförmig mit einander anastomosirenden Röhrenzellen

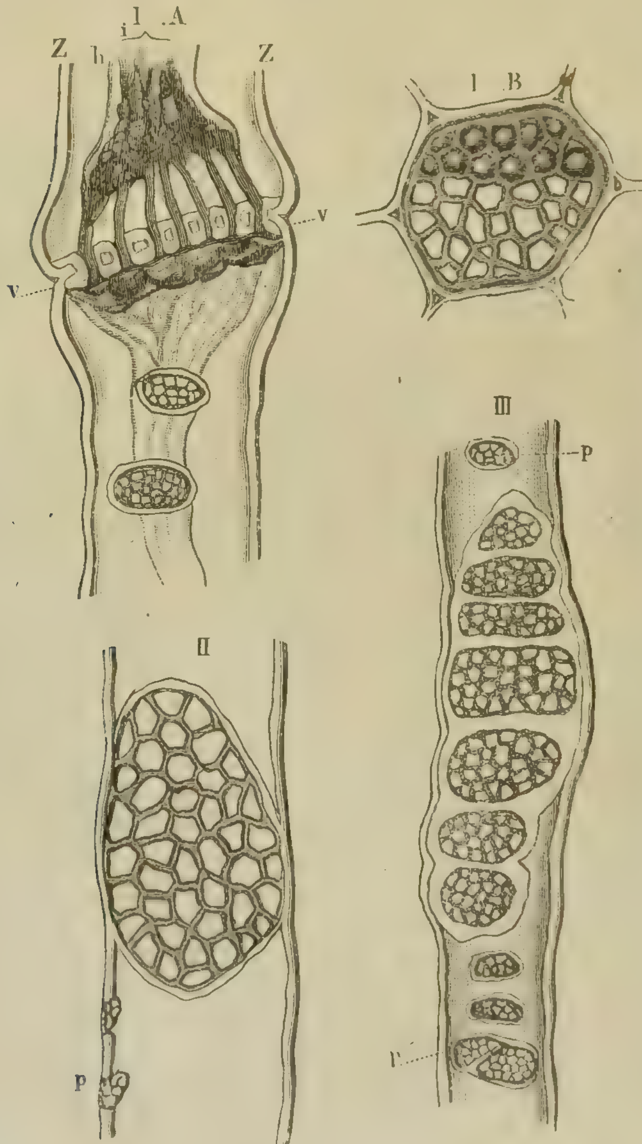
Fig. 54.



Verschiedene Typen siebförmig poröser Röhrenzellen (Siebröhren); I. aus Bryonia alba mit horizontalen Scheidewänden; — II. aus Tilia grandifolia; — III. aus Bignonia sp., mit geneigten, leiterförmigen Scheidewänden; — IV. aus Fagus sylvatica, mit geneigten, einfach siebförmig durchbrochenen Scheidewänden; — V. aus Larix europaea, mit holzzellenähnlicher Endigung; — VI. aus Asclepias currasavica, verzweigtes Milchsaftgefäss, an dem man bei x noch die Ueberreste der siebförmig durchbrochenen Scheidewand erkennt. Vergr. 1 : 250.

der Milchsaftgefässe der Cichoriaceen, Asclepiadeen, Apocyneen, Euphorbiaceen u. s. w. statt. Dabei verschmelzen die Längswände zugleich in der Art miteinander, dass man die ursprüngliche Zusammensetzung

Fig. 55.

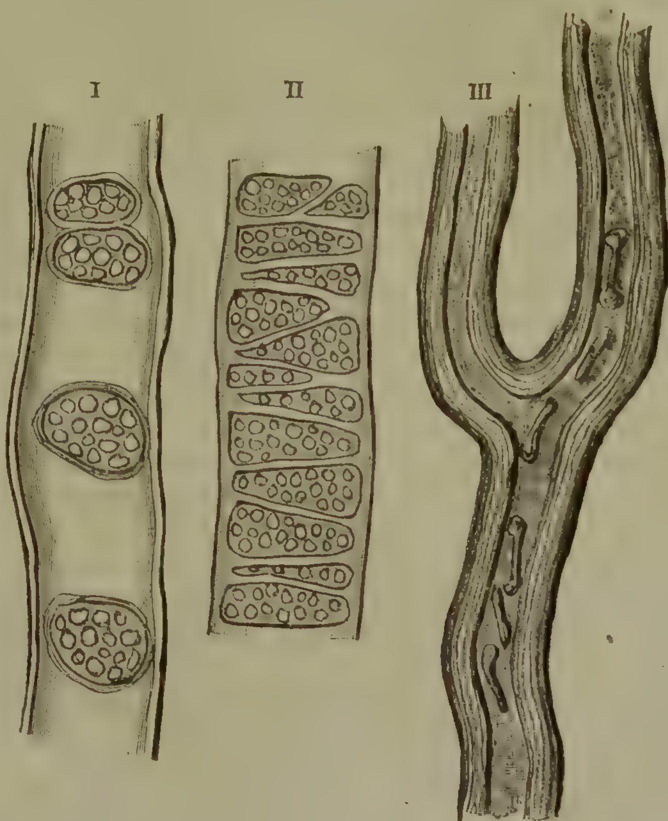


Verschiedene Configuration der Querscheidewände; I. aus Cucurbita pepo; *A* im Längsschnitt, *z* die Zellstoffhülle, *h* die Zellhaut; *vv* die eigenthümliche Verdickung, welche sich bei jüngeren Zellen immer findet, *i* der Inhalt, welcher zusammengefallen ist und sich in Form von Streifen in die Löcher der Querscheidewand hineinzieht. *B* im Querschnitt, im oberen Theile mit dem verdickenden Stoffe, welcher sich in Form von warzenförmigen Erhebungen darstellt; im unteren Theile frei. — II. Aus Fagus sylvatica, bei *p* Theile der auf den tangentialen Wandungen vorkommenden Siebporen. — III. Aus Tilia grandifolia, bei *p* die Siebporen der radialen Seitenwand.

dieser Elementarorgane aus einzelnen Zellen im ausgebildeten Zustande meist gar nicht mehr zu erkennen im Stande ist.

Verdickungsweise der Längswände. — Die Zellstoffhülle der Seitenwände dieser Zellenart ist in der Regel nur schwach, in seltenen Fällen, z. B. bei manchen Euphorbien, stark verdickt, und die Verdickungsschichten lassen sich dann bei den tropischen Arten dieser Gattung als aus mehreren ineinandergeschachtelten Lagen bestehend erkennen (Fig. 56, III.).

Fig. 56.



Structur der Seitenwände. I. Theil einer Zelle aus Larix europaea mit drei rundlichen Siebporen. — II. Desgleichen aus Pteris aquilina mit Netzfasern und siebförmiger Durchbrechung der verdünnten Stellen. — III. Desgleichen aus Euphorbia splendens (Milchsaftgefäss) mit geschichteter Wand ohne Siebporen. Vergr. von I. und II. 1 : 660, von III. 1 : 250.

Die verdünnten Stellen der Längswände bestehen aus grösseren runden oder ovalen Poren (Fig. 56, I. und II.), deren Scheidewand auf das mannigfachste durchbrochen ist, indem die Schliesshäute der darauf vorkommenden kleineren Poren resorbirt werden, die mehr verdickten Stellen der ersteren dagegen stehen bleiben.

Da die siebporigen Röhrenzellen in bestimmter Ordnung zwischen den

übrigen Gewebeelementen des Bastes vertheilt sind, so lassen sich in Bezug auf die Configuration ihrer Wandungen mancherlei Verschiedenheiten beobachten. Wo dieselben in tangentialen einfachen, concentrischen Reihen mit Bastfaser- oder glattwandigen Parenchymzellen abwechseln, da erscheinen nur die radialen, nach der Seite der Markstrahlen gewendeten Seitenwände, welche mit gleichartigen Elementarorganen zusammenstossen, in der geschilderten Weise mit siebförmigen Poren besetzt, so z. B. bei den Cupressineen, bei Pyrus in der Regel (doch trifft man hie und da auch radial hintereinander stehende Bastgefässe, und dann zeigen deren Zellen auch nach der Mark- und Rindenseite hin Siebporen). Bilden die Bastgefässe dagegen, wie bei der Linde, der Wallnuss, der Weisstanne, mehrfache tangentiale Reihen oder ziemlich isodiometrische Gruppen, so dass ihre Wände allseitig aneinandergrenzen, oder berühren diese die Wände porösen Parenchyms, so sind sowohl die nach Mark- und Rinde als die nach den Markstrahlen gewendeten Seitenwände mit Siebporen versehen. Kommen endlich die Bastgefässe mehr vereinzelt in dem Innern oder an der Grenze der Bastbündel (Cichoriaceen, Monokotyledonen), oder gar zwischen den Parenchymzellen des Markes oder der Rinde (wie bei sämmtlichen milchsaftführenden Gewächsen) vor, so wird man die Seitenwände nur höchst selten und nur dann mit Siebporen besetzt finden, wenn je zwei der Bastgefässe dicht nebeneinander stehen, so dass sich ihre Zellstoffwände berühren. Daher kommt es, dass man bei derart gebauten Pflanzen die Siebporen nur höchst selten beobachtet und dass man gerade bei den Milchsaft führenden Gewächsen, bei denen die Beobachtung oft noch durch den Inhalt erschwert, wo nicht unmöglich gemacht wird, den wahren Bau der sogenannten Milchsaftgefässe bis jetzt kaum erkannt hat. Hier kann oft nur eine grosse Anzahl von Schnitten zu geeigneten Präparaten führen, die man nicht selten blossem Zufall zu verdanken hat.

Die Wurzel liefert hier, weil in derselben die betreffenden Organe weit häufiger gruppenweise nebeneinander vorkommen, viel eher geeignetes Material als die Stammtheile.

Bei den stark verdickten Milchsaftgefässen der tropischen Euphorbien habe ich bis jetzt keine Siebporen aufgefunden, ebenso konnte ich die Durchbrechung der Querscheidewände noch nicht beobachten, obwohl ich diese Organe in der Jugend als aus einzelnen Zellen zusammengesetzt erkannt habe.

Die Länge der Siebröhrenzellen stimmt in den meisten Fällen nahezu mit jener der sie umgebenden Faserzellen überein und übertrifft diejenigen der mit ihnen wechselnden gestreckten Parenchymzellen um das Doppelte bis Mehrfache. In der Wurzel vom Schöllkraut sind dieselben ziemlich kurz, auch in dem Stengel ist ihre Länge nicht sehr bedeutend. Ausserordentlich lang sind dieselben in Folge der Verschmelzung mehrerer Elemente zu einer Röhrenzelle, bei den Milchsaftgefässen der Asclepiadeen, Apocyneen, Moreen und Euphorbiaceen, so dass es schwierig wird deren Endi-

gung zu erkennen, und dies um so mehr, da hier fast immer auch Verzweigungen (ohne Anastomosen?) vorkommen.

Chemische Beschaffenheit der Zellhülle. — Die Zellstoffhülle der Siebröhrenzellen verholzt meinen Erfahrungen nach gar nicht oder nur in so geringem Grade, dass Chlorzinkjod sowie Jod und Schwefelsäure nach längerer Einwirkung immer eine Reaction auf Zellstoff hervorrufen.

Präparationsweise der Siebröhren. — Zur Untersuchung der siebförmig porösen Röhrenzellen eignen sich Schnitte besser, als Mazerationspräparate, welche die betreffenden Organe zu sehr aufhellen, obwohl man letztere nicht bei Seite lassen darf. Die ersteren sind jedoch ziemlich schwer anzufertigen und müssen zur genauen Erkenntniss der Einzelheiten von äusserster Zartheit sein. Zur Beobachtung der Durchbrechung horizontaler Querscheidewände wird man feine Querschnitte, zu einer solchen der geneigten dagegen radiale Längsschnitte fertigen müssen. Für die Untersuchung der Siebporen auf den Seitenwänden werden je nach der Anordnung der Bastgefässe bald radiale, bald tangentiale Längsschnitte am besten zum Ziele führen. Für die Darstellung des Gefässnetzes der Cichoriaceen sowie der Carica-Arten, ebenso der verzweigten Milchsaftgefässe der Asclepiadeen u. s. w. eignet sich die Mazeration durch Fäulniss am besten, weil die betreffenden Organe dadurch am wenigsten leiden, was bei dem Schulze'schen Mazerationsverfahren und selbst bei Isolirung durch Kalilauge immer mehr oder weniger der Fall ist.

Literatur: Die obengenannten allgemeinen Werke sowie die citirten Arbeiten von Hartig und Sanio (III. Tracheales System) in der Botanischen Zeitung, dann über die siebförmig porösen Röhrenzellen:

Th. Hartig: Vollständige Naturgeschichte und Botanische Zeitung 1854. Ueber die Querscheidewände der einzelnen Glieder der Siebröhren von Cucurbita pepo.

H. v. Mohl: Einige Andeutungen über den Bau des Bastes. Botanische Zeitung 1856.

J. Schacht: Ueber die Milchgefässe von Carica papaya. Monatsberichte der Berliner Akademie 1856.

J. Hanstein: Ueber ein System schlauchförmiger Gefässe u. s. w. in Monatsberichte der Berliner Akademie, 1859.

C. Nägeli, Ueber die Siebröhren von Cucurbita. Botanische Mittheilungen. München 1861.

J. Hanstein: Die Milchsaftgefässe und die verwandten Organe der Rinde. Berlin 1864. Gekrönte Preisschrift.

L. Dippel: Die Entstehung der Milchsaftgefässe und deren Stellung in dem Gefässbündelsystem der milchenden Gewächse. Rotterdam 1865. Gekrönte Preisschrift *).

*) Meine von der Pariser Akademie gekrönte Preisschrift, deren Druck die letztere übernommen, ist noch nicht erschienen.

ZWEITER ABSCHNITT.

UNTERSUCHUNGEN ÜBER DIE GEWEBE DER HÖHEREN GEWÄCHSE.

Unter Zellgewebe versteht man die feste Vereinigung gleichartiger oder verschiedenartiger Zellen zu einer grösseren bleibenden Gruppe von bestimmter Bedeutung für das Gesammtleben der Pflanze. Will man die Pflanzengewebe unterscheiden, so darf man weder bloss die äussere Form der zusammensetzenden Zellen, noch deren Function oder die chemische Beschaffenheit ihrer Bestandtheile allein, sondern man muss alle drei Factoren zusammen berücksichtigen.

Unter Zuhülfenahme dieser Kennzeichen lassen sich zunächst zwei Hauptgruppen von Geweben unterscheiden: 1. Gleichartige Gewebe (Parenchymgewebe), aus nur einer Zellenart (Parenchymzellen) gebildet. 2. Ungleichartige Gewebe, an deren Zusammensetzung verschiedene und zwar alle drei Zellenarten Theil nehmen können. Zu der ersteren Gruppe gehören das Urparenchym, das Markgewebe, das Rindengewebe, das Korkgewebe und das Oberhautgewebe. Zu der letzteren dagegen nur das Gefässbündel mit seinem Holz- und Basttheile, dem Cambium und dem Zwischen- oder Markstrahlengewebe.

I. Gleichartige Gewebe.

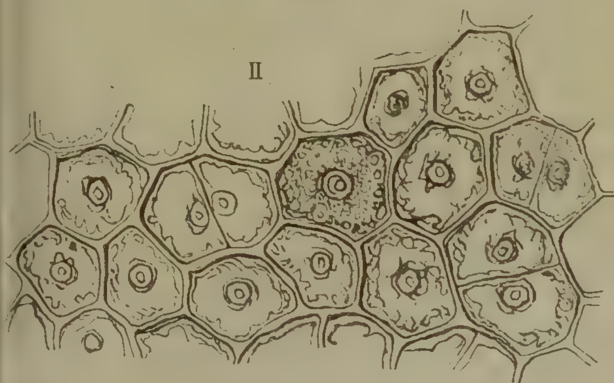
1. Das Urgewebe oder Urparenchym.

Das Urgewebe, Urparenchym, zuerst von Schacht von den übrigen Geweben geschieden, ist der ursprüngliche Heerd sämmtlicher Neubildungen. Es findet sich daher in dem Vegetationskegel der End- und Seitenknospen von Stamm und Wurzel und bildet die jüngsten Blattanlagen. Als solches ist namentlich die jugendliche Keimanlage

sämmtlicher höher entwickelten Pflanzen zu betrachten. Aus dem Urparenchym differenziren sich erst im weiteren Entwickelungsgange die verschiedenen übrigen Gewebe mit ihren Zellenarten. Die Zellen, welche an seiner Zusammensetzung Theil nehmen, sind immer zartwandiger Natur, ohne secundäre Verdickung; sie nähern sich anfänglich mehr oder weniger der sphärischen Gestalt (Fig, 57, I.), indem sie grössere oder kleinere Intercellularräume und Gänge zwischen sich lassen, und nehmen erst später die polyëdrische Form an (Fig. 57, II.). Dieselben bilden durch Theilung neue Zellen, ebenso entstehen in ihnen die verschiedenen Inhaltselemente. Sie enthalten neben dem Protoplasma auch Stärkemehl und Chlorophyll (Fig. 57).

Fig. 57.





I. Urparenchym. I. Querschnitt durch den Vegetationskegel von Ficus carica, die Zellen noch rundlich und in Theilung begriffen. Vergr. 1 : 1200. — II. Querschnitt aus einer tiefer gelegenen Stelle des Markes der Stammknospenspitze von Aesculus Hippocastanum. Die Zellen haben sich aneinandergelegt und sind polygonal geworden; nur noch einzelne erscheinen als eben getheilt. Vergr. 1 : 800.

Zur Untersuchung dieser Gewebeart bedarf es zarter, bei der Beobachtung am besten mit einer der Seite 271 und 272 des ersten Theiles beschriebenen Zusatzflüssigkeiten zu umgebender Quer- und Längsschnitte durch den Vegetationskegel ruhender, oder wenn man den Uebergang derselben in die übrigen Gewebearten studiren will, eben sich entfaltender Knospen oder wachsender Stengel und Seitenzweige. Besonders geeignetes Material liefern grössere Knospen bildende Holzgewächse, wie Aesculus, Fraxinus u. a. Für die Kenntniss der einzelnen Inhaltselemente und deren Vertheilung in den verschiedenen Partieen des Urgewebes empfiehlt sich namentlich die Behandlung mittelmässig feiner, unverletzte Zellen enthaltender Schnitte mit schwefelsaurem Kupferoxyd und Aetzkali, sowie mit doppeltchromsaurem Kali zum Nachweise des etwa vorhandenen Gerbstoffes.

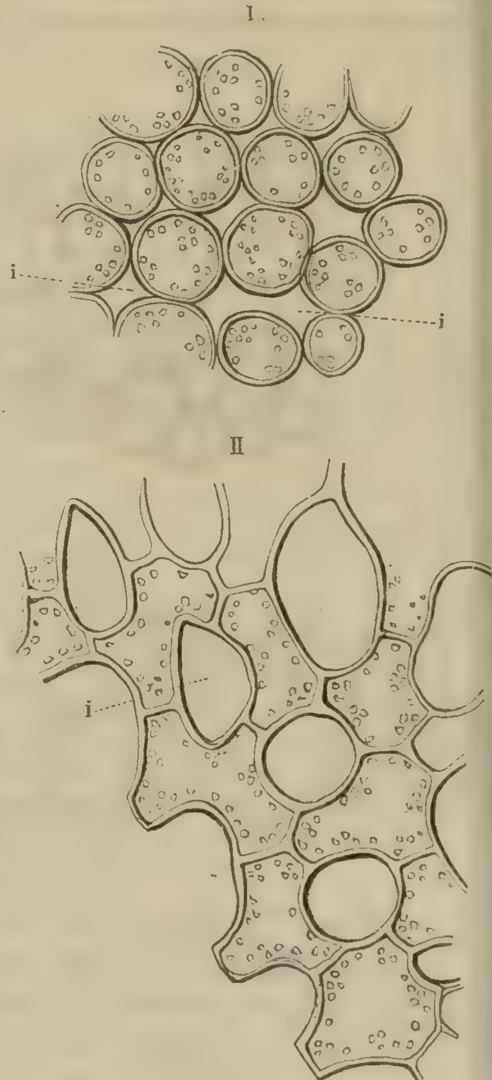
2. Das Markgewebe.

Das Markgewebe entsteht unmittelbar aus dem Urparenchym und erlangt seine weitere Ausbildung theils durch die Ausdehnung (Vergrösserung), theils durch die secundäre Verdickung der Zellstoffhülle der aus jenem hervorgegangenen Zellen, welche — mit seltenen Ausnahmen — (Moreen, Asclepiadeen, Apocyneen u. s. w.) ihre parenchymatische Form behalten. Es nimmt das Innere der Achsenorgane ein und bildet bei den Gefässkryptogamen sowie bei den Monokotyledonen das Zwischengewebe, welches die innersten Gefässbündel von einander trennt.

In der Form wechseln die Markgewebezellen mannigfach, so dass man unter Zugrundelegung dieses Merkmales verschiedene Arten von Parenchym unterschieden hat.

Berühren sich die einzelnen Zellen nur an einzelnen Stellen ihres Umfanges, so nennt man das Gewebe **unvollständiges Parenchym** und unterscheidet wieder, je nach der Form der zusammensetzenden Zellen und der zwischen ihnen bleibenden Intercellularräume oder Gänge das **rundliche** (Fig. 58, I.) (Mark von Paeonia afficinalis u. s. w.), das **schwammförmige** (Fig. 58, II. u. III.) (im Marke mancher Scitamineen, Canna u. s. w. sowie in dem mittleren, als Mark aufzufassenden Theile des Gewebes der meisten Blätter) und das **sternförmige** (Mark von Juncus, Musa, Butomus u. s. w. (Fig. 58, IV.).

Fig. 58.



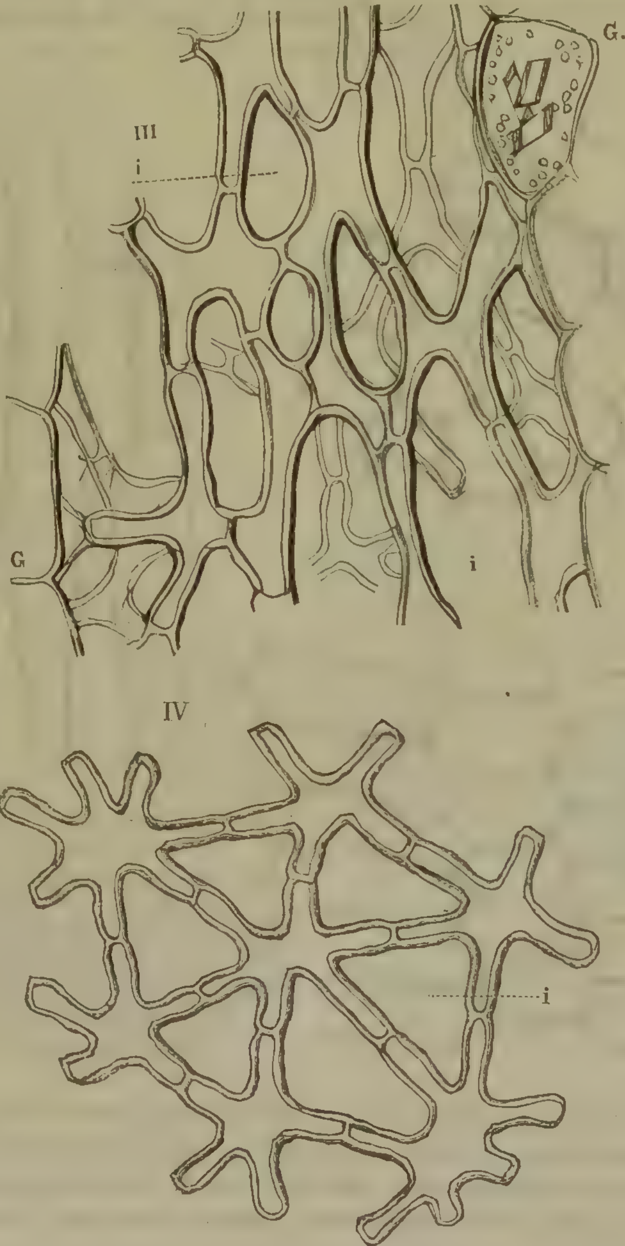
Unvollständiges Parenchym. I. Rundliches Parenchym aus dem inneren Theile (Marktheile) des Blattes von Yucca aloefolia. *i* Intercellularräume. Vergr. 1 : 670. — II. Schwammförmiges Parenchym aus dem mittleren Theile des Blattes von Asplenium Nidus. Vergr. 1 : 250.

Die Intercellularräume und Intercellulargänge nehmen hier immer einen sehr bedeutenden

Raum ein und erreichen bei dem schwamm- und sternförmigen Gewebe ihre grösste Ausdehnung.

Wird die Berührung der Zellen vollständiger, so dass entweder nur verhältnissmässig kleine meist dreieckige Intercellulargänge vorhanden

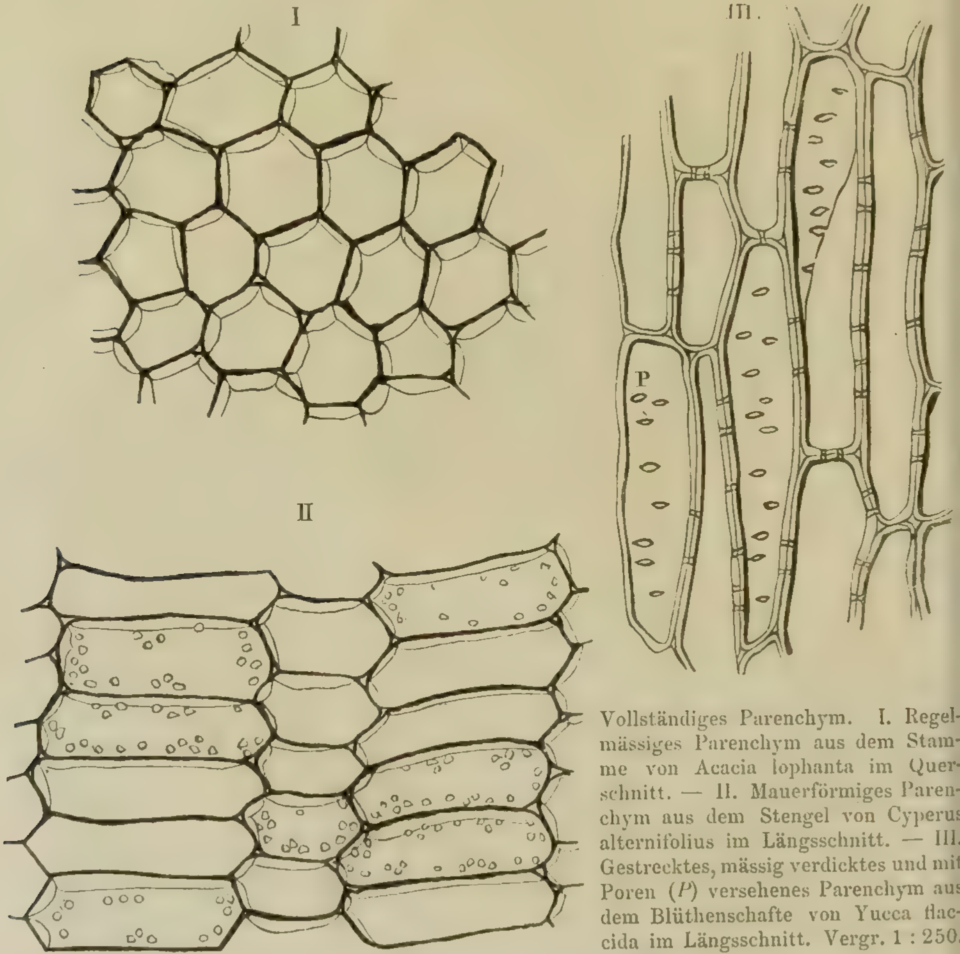
Fig. 58.



Unvollständiges Parenchym. III. Schwammförmiges Parenchym aus einem Luftgange des Blattstieles von Maranta zebrina. *PP* den Luftgang umgebendes, krystallführendes Parenchym. — IV. Sternförmiges Parenchym aus der Querscheide eines Luftganges von Juncus conglomeratus. Vergr. von III. u. IV. 1 : 250.

sind, oder diese ganz fehlen, so entsteht das aus polyëdrischen oder prismatischen Zellformen gebildete vollständige Parenchym. Hiervon hat das regelmässige Parenchym, bei dessen Zellen die drei räumlichen Ausmessungen einander ganz oder nahezu gleich sind (Fig. 59, I.), und welches nur in seltenen Fällen durch Abnahme einer Ausmessung in sogenanntes mauerförmiges Parenchym (Fig. 59, II.) übergeht, die

Fig. 59.



Vollständiges Parenchym. I. Regelmässiges Parenchym aus dem Stamme von Acacia lophanta im Querschnitt. — II. Mauerförmiges Parenchym aus dem Stengel von Cyperus alternifolius im Längsschnitt. — III. Gestrecktes, mässig verdicktes und mit Poren (*P*) versehenes Parenchym aus dem Blüthenschafte von Yucca flaccida im Längsschnitt. Vergr. 1 : 250.

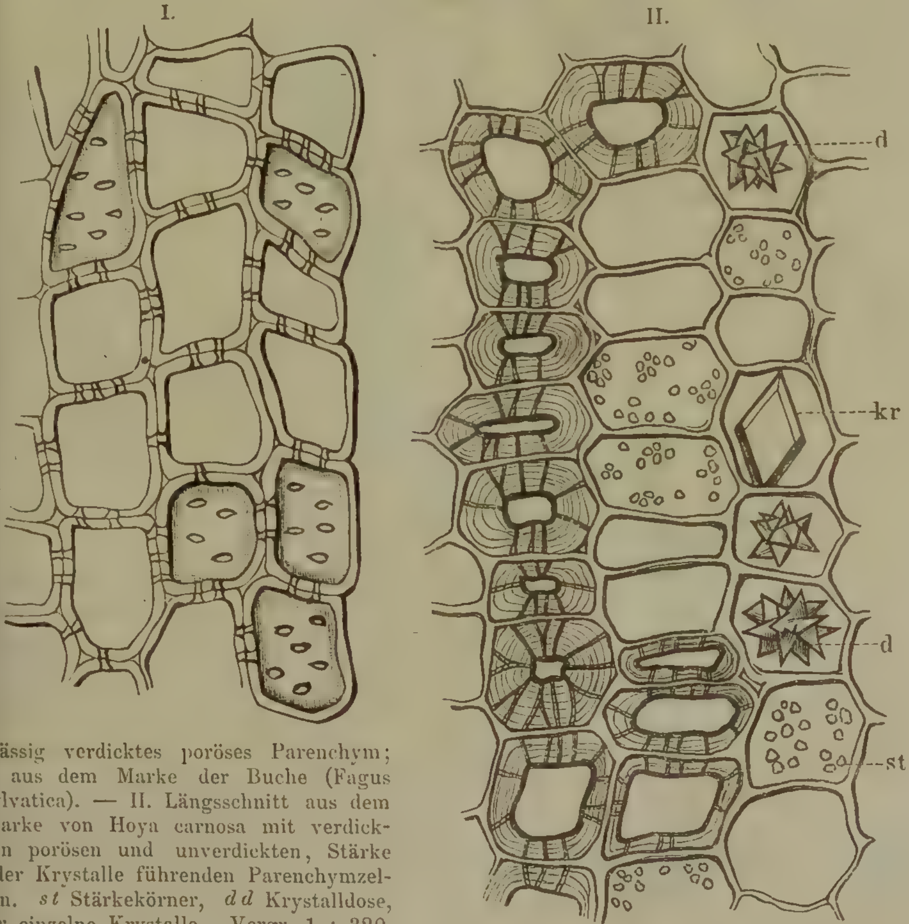
weiteste Verbreitung, indem es das Markgewebe der meisten Gewächse zusammensetzt, wogegen das langgestreckte Parenchym (Fig. 59, III.) vorzugsweise das Markgewebe sehr rasch wachsender, saftiger, krautartiger Pflanzen, sowie vieler Holzarten (Canna, Phaseolus, Pinus u. s. w.) bildet.

Die Zellstoffwand der das Markgewebe bildenden Zellen ist in der Regel nur wenig verdickt (Balsaminen, Hollunder u. a.), hie und da erscheint sie mit mässigen Verdickungsschichten versehen (Cytissus, Fraxinus, Dra-

caena, Cycas, Picea u. s. w) (Fig. 60, I.) und nur in vereinzelten Fällen und für einzelne Gruppen oder Partieen des Gewebes schreitet die Verdickung bis zu höherem Grade fort (Hoya, Clematis, tropische Bignonien, einzelne Palmen, Urania u. s. w.) (Fig. 60, II.).

Die chemische Beschaffenheit der Zellstoffhülle hängt mit deren Verdickung zusammen. Die schwach verdickten Markzellen nehmen nach der Behandlung mit Jod und Schwefelsäure entweder sogleich,

Fig. 60.



Mässig verdicktes poröses Parenchym; I. aus dem Marke der Buche (Fagus sylvatica). — II. Längsschnitt aus dem Marke von Hoya carnosa mit verdickten porösen und unverdickten, Stärke oder Krystalle führenden Parenchymzellen. *st* Stärkekörner, *dd* Krystalldose, *kr* einzelne Krystalle. Vergr. 1 : 320.

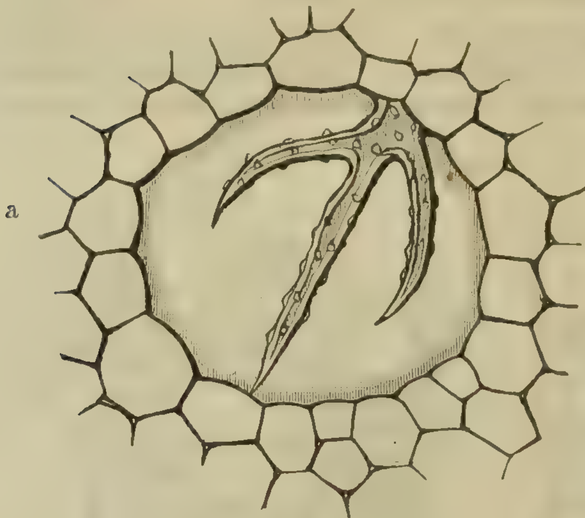
oder nach längerer Einwirkung eine blaue, mit Chlorzinkjodlösung eine röthlich blaue bis violette Färbung an und zeigen somit ihre Zusammensetzung aus reinem Zellstoff an (Fig. XXXVII. *a*). Die mässig verdickten Markzellen von Fraxinus, Fagus, Cytissus etc. zeigen nach gleicher Behandlung im jüngeren Zustande innere, blau gefärbte, und äussere gelb gefärbte, also verholzte Schichten, während jene von Cycas und die der genannten Pflanzen im älteren Zustande bis auf die Schliesshaut der Poren, welche auf Zellstoff reagirt, durchaus gelb gefärbt erscheinen

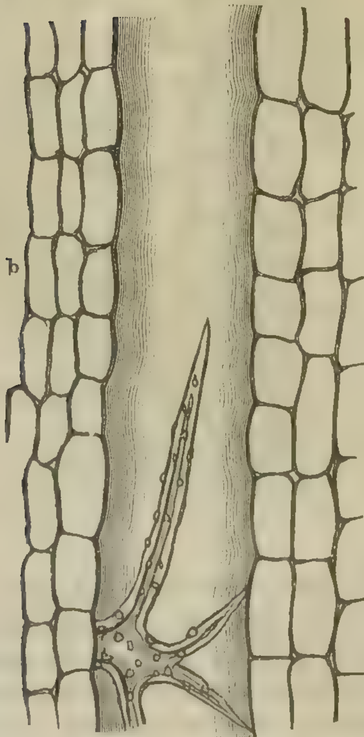
(Fig. XXXVIII.). Die sehr stark verdickten, einzeln oder in Gruppen erscheinenden Zellen in dem Markgewebe von Hoya carnosa sind im ausgebildeten Zustande immer gänzlich verholzt und färben sich sowohl mittelst Chlorzinkjodlösung als mittelst Jod und Schwefelsäure heller bis dunkler gelb (Fig. XXXVII. *b*).

Die Form der Verdickungsschichte wechselt in dem Markgewebe weit weniger als sonst irgendwo. Ich habe, wenn man nicht etwa die Markzellen von Cycas theilweise zu den netzförmig verdickten Zellen zählen will, bis jetzt wenigstens nur die poröse Verdickungsform beobachtet.

Abgesehen von den durch die Form der zusammensetzenden Zellen bedingten Intercellulargängen und Intercellularräumen, entstehen in dem Markgewebe, wohl in der Regel durch Resorption von mehr oder minder umfänglichen, aus abweichend gebauten Zellen bestehenden Zellensträngen oder Zellengruppen, die sogenannten Luftgänge und Luftlücken, wie wir sie namentlich in dem Stengel der Sumpf- und Wasserpflanzen, der Musaceen, Nymphaea, Nuphar u. s. w. antreffen (Fig. 61).

Fig. 61.

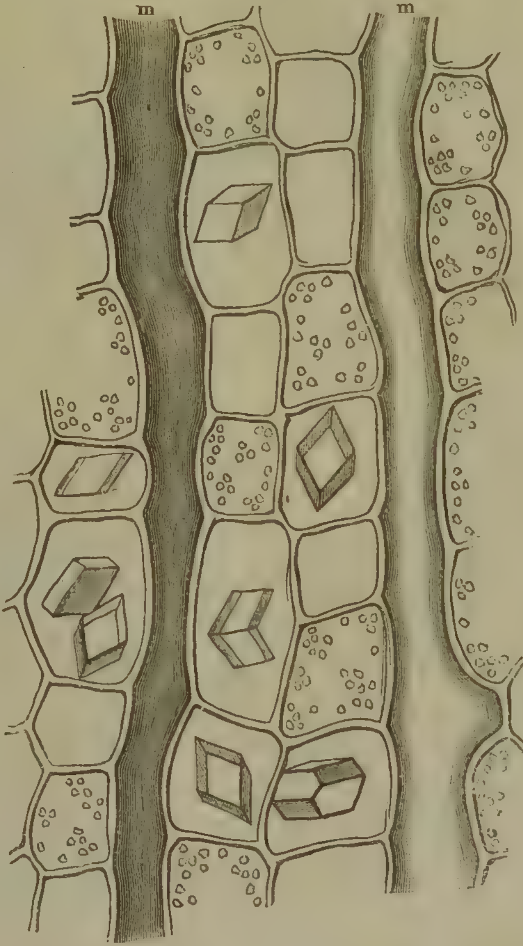




Ein kleiner Luftgang mit in denselben hineinragenden verzweigten Haarzellen aus dem Blattstiel von Nymphaea alba. *a* im Querschnitt, *b* im Längsschnitt. Vergr. 1:125.

Als fremde Gewebetheile erscheinen hier und da in dem Marke vereinzelte Bastbündel sowohl (Sonchus, Lactuca), als vereinzelte Bastge-

Fig. 62.



Längsschnitt aus dem Marke von Periploca graeca mit Milchsaftgefässen und krystallführendem oder stärkehaltigem Parenchym. Vergr. 1 : 370.

fässe und Milchsaftgefässe (Fig. 62 u. 63) (Asclepiadeen und Apocyneen, manche Euphorbien und Moreen, Cucurbita, Bryonia), ebenso in seltenen Fällen einzelne Bastzellen (Rhizophora, Sambucus und einige Solaneen).

Die in einzelnen Fällen in dem Markgewebe vorkommenden Behälter eigenthümlicher Säfte (Milchsaft-, Gummi-, Oelgänge etc.), auf deren Entstehung wir bei den gleichartigen Organen des Rindengewebes näher eingehen werden, mögen gleichfalls hier ihre Stelle finden, obgleich sie im strengen Sinne des Wortes nicht zu den fremden Gewebetheilen zu zählen sind. Sie bilden engere oder weitere, meist mit der Achse des

Stengels parallel verlaufende, seltener sich verzweigende und miteinander anastomosirende Canäle, Gänge, oder auch kugelförmige, elliptische bis ganz unregelmässige Hohlräume, welche sich durch den mehr oder min-

Fig. 63.



Querschnitt durch das Mark von Atropa Belladonna. *PP* Parenchym des Markes, *b* vereinzelte Bastfasern, *B* ein aus Bastfasern, Bastparenchym und Bastgefässen (Siebröhren) bestehendes Bastbündel. Vergr. 1 : 400.

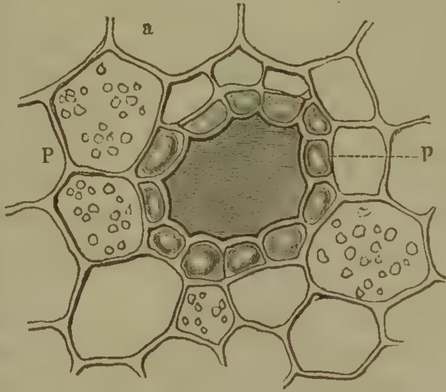
der abweichenden Bau der sie zunächst umgebenden Parenchymzellen kenntlich machen und namentlich von den Luftgängen unterscheiden (Fig. 64).

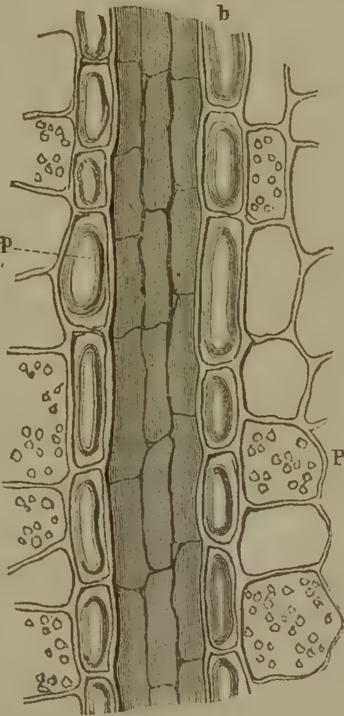
Das Markgewebe bleibt wenigstens zum Theil während der ganzen Dauer des Lebens der Pflanze lebenskräftig und dient der Aufspeicherung von Reservestoff während der Ruhezeit und deren Umwandlung während der Wachsthumsperiode. Seltener enthalten dessen Zellen Secretionsstoffe, wie unorganische Salze in Form von einzelnen Krystall-

drusen (Ficus, Asclepias, Bryonia, Hoya, Periploca, Fig. 62, Seite 145), ferner Harze, Gummiarten, Farbstoffe und dergleichen.

Um den Inhalt des Markgewebes und dessen Umwandlungen kennen zu lernen, muss man dasselbe sowohl im Herbste und Winter als im Frühlinge und Sommer untersuchen, und sich dabei der schon mehrfach erwähnten Reagentien bedienen.

Fig. 64.





Milchsaftgang aus dem Marke von Rhuscotinus. *a* im Querschnitt, *b* im Längsschnitt. *P* Parenchym des Markes, *p* die den Gang begrenzenden kleineren Zellen, welche im Längsschnitt von der hinteren Wand her durchscheinen. Vergr. 1 : 320.

3. Das Rindengewebe.

Als Rindengewebe fasse ich nur dasjenige Gewebe auf, welches im Stengel zwischen den Gefässbündeln und der Epidermis oder dem Korkgewebe, in den Blättern zwischen der Oberhaut und dem die Gefässbündel der Nerven aufnehmenden Parenchym (Mark) liegt. Der Basttheil des Gefässbündels ist durchaus nicht zu der Rinde zu zählen, wie man das bisher gethan hat, sondern es gehört derselbe dem Gefässbündel an.

Zu dieser Einschränkung des Begriffes von Rinde berechtigt zunächst die ganze Entwickelungeschichte der Dykotyledonen, noch mehr aber der Bau des monokotyledonen Gefässbündels. Hier nimmt nämlich der Basttheil seine Stellung an der Aussenseite jedes einzelnen der getrennten Gefässbündel, und müsste man, wenn man consequent verfahren wollte, jedem derselben auch eine Rinde zuerkennen, was sicherlich ungereimt erscheinen dürfte.

Das Rindengewebe in dem angegebenen Sinne (primäre Rinde der Autoren) geht unmittelbar aus dem Urgewebe des Vegetationskegels hervor, und es vergrössert seinen Umfang dann nur kurze Zeit durch Zelltheilung. Die weitere Ausbildung desselben beruht bei der Mehrzahl (ob bei allen?) der einjährigen Pflanzen bloss auf dem Wachsthume (der Ausdehnung) der aus dem Urgewebe hervorgegangenen Zellen. Der gleiche Fall wiederholt sich bei jenen perennirenden Pflanzen, die ihre Rinde durch ein unter ihr entstandenes Korkgewebe abwerfen. Dagegen bleiben einzelne Partien des Rindengewebes solcher Gewächse, welche, wie Viscum, Ilex, manche blattlose Euphorbien u. s. w., die Rinde entweder gar nicht, oder doch erst nach längerer Zeit durch Korkbildung abstossen, fortbildungsfähig und erzeugen als Mutterzelle neue gleichartige Gewebezellen.

Die Erforschung dieser Verhältnisse, welche von nicht unerheblicher Wichtigkeit sind, bedarf zu einer sicheren Begründung noch umfangreicherer Untersuchungen und bietet somit ein weites Feld der Beobachtung.

Das Rindengewebe ist seiner ganzen Ausdehnung nach nur aus einer einzigen Zellenart, d. h. aus Parenchymzellen zusammengesetzt, die in den Blättern, bei denen wir näher darauf zurückkommen werden, meistens dünnwandig bleiben, im Stengel dagegen in verschiedenen Modificationen erscheinen können. Es lassen sich hiernach, wenigstens bei einer grossen Anzahl von Gewächsen, zwei Rindenschichten, eine innere und eine äussere, unterscheiden.

Innenrinde. — Die innere Rindenschicht besteht in der Regel aus dünnwandigen Zellen, deren Form sich meistens dem Sphäroid nähert, in seltenen Fällen eine mehr oder minder regelmässige polyëdrische wird. Im ersten Falle sind die Berührungsflächen der Zellen oft sehr klein und es entsteht ein ziemlich unvollkommenes, durch grössere und kleinere Lücken unterbrochenes Gewebe; im anderen Falle dagegen nähert sich das letztere mehr dem regelmässigen polyëdrischen Markgewebe.

Eine Verholzung der Zellstoffhülle tritt bei der Mehrzahl der Gewächse in der Innenrinde niemals und nirgends, bei einer kleineren Anzahl, ähnlich wie im Marke, nur in einzelnen grösseren oder kleineren Gruppen oder Bändern von stark verdickten Zellen, den Steinzellen einzelner Autoren, auf, die sich schon in der jugendlichen Rinde durch ihre Grösse und den ungefärbten Inhalt auszeichnen, Fagus, Fraxinus, Carpinus, Cytissus, Hoya, Picea u. s. w. (Fig. 65).

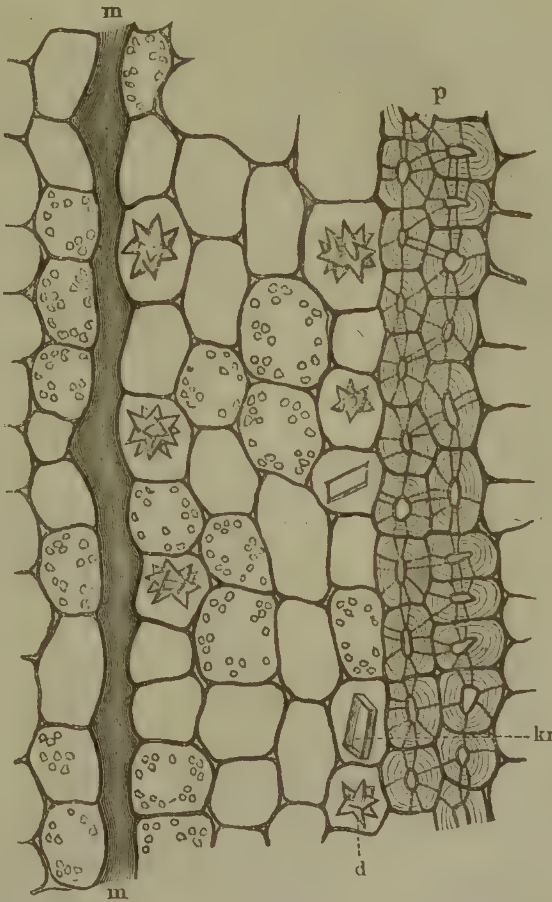
Der Inhalt der Gewebezellen dieser Rindenschicht besteht entweder (nach Innen) aus Stärkemehl allein oder (nach Aussen) aus diesem und Chlorophyll, wo dann das letztere in der Regel den Ueberzug von Stärkekörnern bildet.

Hie und da erscheinen auch unorganische Substanzen als Zellinhalt, welche dann entweder im Inneren von einzeln zerstreuten, oder von in

längere oder kürzere senkrechte Reihen geordneten, rundlichen oder kubischen Zellen auftreten (Fig. 65, *d* u. *kr*), wo sie einzelne oder in Bündel und Drusen gruppirte Krystalle bilden (Hoya, Bryonia, Allium etc.).

Andere Gewebeelemente, als Parenchymzellen, kommen nur bei be-

Fig. 65.

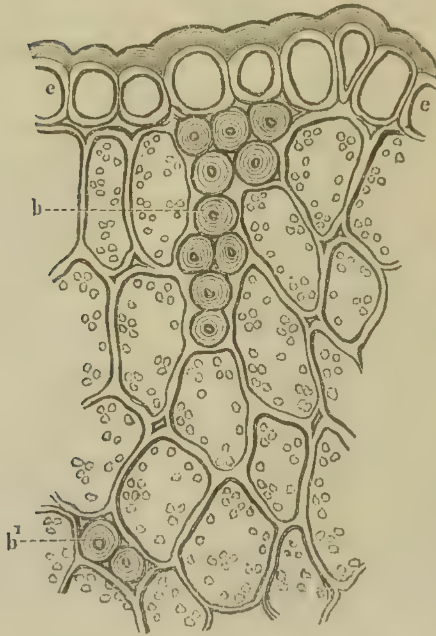


Längsschnitt durch die innere Rinde des Stengels von Hoya carnosa. Neben dem dünnwandigen, theilweise stärkehaltiges Chlorophyll, theilweise Krystalle (*d* und *kr*) führenden Parenchym erscheinen Bänder sehr stark verdickter, poröser Parenchymzellen (*p*) und Milchsaftgefässe (*mm.*) Vergr. 1 : 250.

stimmten Pflanzen und Pflanzengruppen in der inneren Rinde vor. Dahin gehören vornehmlich die Bastgefässe der milchsaftführenden Gewächse (Fig. 65, *m*), bei denen sich übrigens ein Zusammenhang mit den gleichen Gefässen des Bastbündels auf das Bestimmteste nachweisen lässt, indem dieselben entweder mit jenen durch horizonlale Seitenäste anastomosiren (Cichoriaceen etc.), oder gar nur in das Rindengewebe dringende Seitenäste derselben bilden (Euphorbien, Hoya etc.). In der inneren Rindenschicht des Blattstieles der Cycadeen kommen einzelne sowie gruppen-

weise geordnete bastfaserähnliche Zellen vor. Aehnliche Zellen und Zellengruppen lassen sich in der Rinde von Ephedra, welche durchaus gleichartig ist, also nicht in Aussen- und Innenrinde zerfällt, letztere dicht unter der Epidermis (Fig. 66, *b*), erstere weiter nach Innen (Fig. 66, *b'*), dann in der durch verholzte Zellen von dem Gefässbündel geschiedenen Rinde von Gnetum beobachten. Ebenso treten in dem Rindengewebe mancher Monokotyledonon (Musa, Scindapsus, Caladium, Phoenix, Chamaedorea) vereinzelte Bündel von Bastzellen auf.

Fig. 66.



Querschnitt durch die Rinde des Stengels von Ephedra distachya. *b* Bündel von Bastzellen dicht unter der Epidermis, *b*[1] vereinzelte Bastzelle in dem Rindenparenchym, *e*, *e* Epidermis. Vergr. 1 : 370.

Innerhalb dieser Rindenschicht kommen auch die theils nur aus Interzellulargängen, theils aus diesen und aus dieselben umgebenden Strängen oder Gruppen von etwas abweichend ausgebildeten Parenchymzellen hervorgegangenen, für manche Pflanzen charakteristischen Harz-, Oel- und Gummigänge vor, welche in ihrem Baue mit den gleichnamigen Behältern des Markgewebes vollkommen übereinstimmen und deren Entwickelung man in den Knospen, wie den wachsenden jungen End- oder Seitentrieb zu verfolgen Gelegenheit hat.

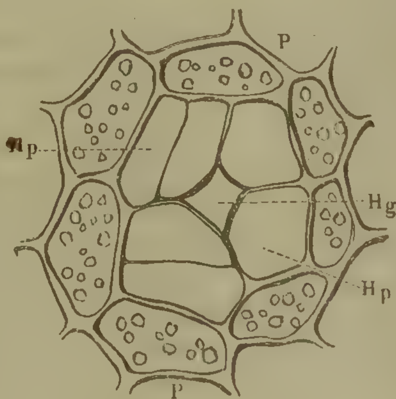
Da die Entstehung und weitere Ausbildung aller Arten von solchen Canälen ziemlich vollständig mit einander übereinstimmen, so begnüge ich mich, als Beispiel die Entwickelung der Harzgänge in unserer Fichte (Picea vulgaris) etwas weiter auszuführen.

Nimmt man von dem eben im völligen Längenwachsthum begriffenen Endtriebe des Stammes oder eines Astes und zwar von der Spitze aus zarte Querschnitte, so wird man folgende Thatsachen beobachten. Nahe unter dem Vegetationskegel bildet die innere Rinde eine völlig gleichförmige Masse von Zellgewebe, in dem man auch auf dem Längsschnitt noch keinen Unterschied wahrnimmt. In tiefer geführten Schnitten, die den Zweig etwas unterhalb der Stelle treffen, wo das Cambium sich aus dem Urgewebe hervorbildet, tritt dagegen eine Differenzirung einzelner noch in Theilung begriffener, in der Mitte einen vierseitigen Intercellulargang zwischen sich lassender viergliedriger (Fig. 67 I.) Zellengruppen hervor, die in mehr oder minder regelmässigen Zwischenräumen von einander

entfernt stehen. Das Chlorophyll, welches vorher allen Zellen eigen war, ist in diesen Zellengruppen verschwunden und es führen dieselben neben kleinen Tröpfchen flüchtigen Oeles einen feinkörnigen, trüblichen Inhalt. Die den Rindenzellen sonst ziemlich gleich gestalteten, nur etwas grösseren Zellen sind dabei zartwandig geblieben, während die am Rande stehenden, durch Theilung aus Rindenparenchym entstandenen Zellen etwas zusammengedrückt, daher länglich und derbwandiger als jene erscheinen. Letztere enthalten einen etwas grobkörnigeren Inhalt, wie die Zellen der Mittelpartie (Fig. 67, I. u. II. *P* u. *Hp*), der sich durch seine Reaction gegen Jod theilweise als Stärke erweist. Auf dem Längsschnitte erkennt man, dass die Randzellen, wie die centralen Zellen der gedachten Gruppen, erstere sämmtlich stärker, letztere verschiedentlich, bald mehr, bald weniger in die Länge gestreckt erscheinen, wodurch sie sich, obwohl der Längenunterschied noch nicht sehr bedeutend ist, auf das Bestimmteste von dem umgebenden Rindengewebe unterscheiden. Etwas tiefer geführte Schnitte lassen etwa gleiche Ansichten gewinnen, nur haben sich die Randzellen etwas mehr verdickt und beide Zellenarten mehr gestreckt, während in dem inneren Zellenhohlcylinder, der ein- bis mehrschichtig sein kann, die Theilung der Zellen vollendet und der Intercellulargang mehr erweitert und rundlich geworden ist (Fig. 67, II. a. folg. S.).

Fig. 67.

I.



Entstehung der Harzgänge. I. Querschnit durch einen in der Entwickelung begriffenen Endtrieb von Picea vulgaris, in dessen Rinde sich die kleine Stärkekörner führende in Theilung begriffene Zellengruppe *Hp* des werdenden Harzganges *Hg* von den übrigen chlorophyllführenden Rindenzellen *P* gesondert hat. Vergr. 1 : 1000.

Stetig nach abwärts geführte Längsschnitte belehren dann über die fortdauernde Verlängerung der Rand- und Mittelzellen des der Beobachtung unterliegenden Ganges.

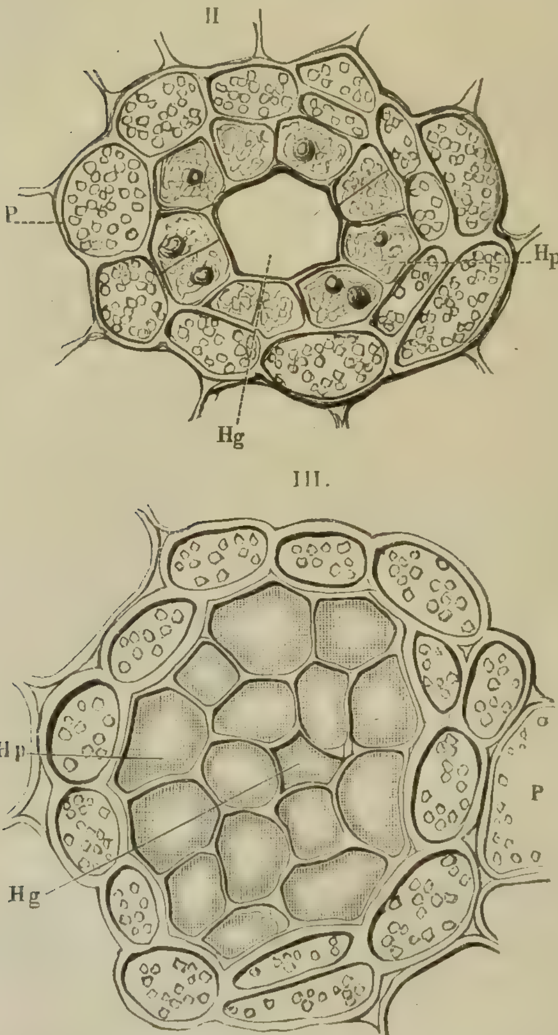
Gegen das untere Ende des Triebes hin hat sich das Verhältniss wesentlich geändert. Der innerste zartwandige Zellencylinder ist, wenn er mehrschichtig war, je nachdem der Schnitt höher oder tiefer geführt wurde, entweder von Innen nach Aussen in voller Auflösung begriffen, oder es ist diese bereits vollendet, so dass nun ein mehr oder minder weiter Canal entstanden ist, der von den langgestreckten derbwandigen Parenchymzellen von allen Seiten vollständig umschlossen und nur von

einer Lage zartwandigen, Tropfen flüchtigen Oeles enthaltenden Zellen ausgekleidet wird (Fig. 67, III. u. IV.).

Hinsichtlich des Inhaltes machen sich nun gleichfalls Veränderungen bemerklich. Der Canal — wie die ihn auskleidenden zartwandigen Zellen — wird entweder nur an seinen Wänden oder durch sein ganzes Innere von einer flüssigen Balsamschicht ausgekleidet, in der sich einzelne grössere Körner bemerklich machen. Die Zellen des umgrenzenden Rindenparenchyms sind neben dem übrigen feinkörnigen Inhalte mit einer geringen Menge von Stärkemehl erfüllt, die sich nach der Behandlung mit Jod sofort auf das Klarste durch ihre Färbung kenntlich machen (Fig. 67, IV. u. V.). Auch in dem übrigen umgebenden Rindenparenchym tritt neben dem etwas verminderten Chlorophyll Stärkemehl auf.

In dem Baue der soweit ausgebildeten Harzgänge tritt nun während der ganzen Wachsthumsperiode keine Aenderung ein und es stimmt derselbe auf dieser Stufe mit jenem der Harz-, Oel und Gummigänge in der Rinde der Cycadeen und anderer Pflanzen fast vollkommen überein.

Fig. 67.

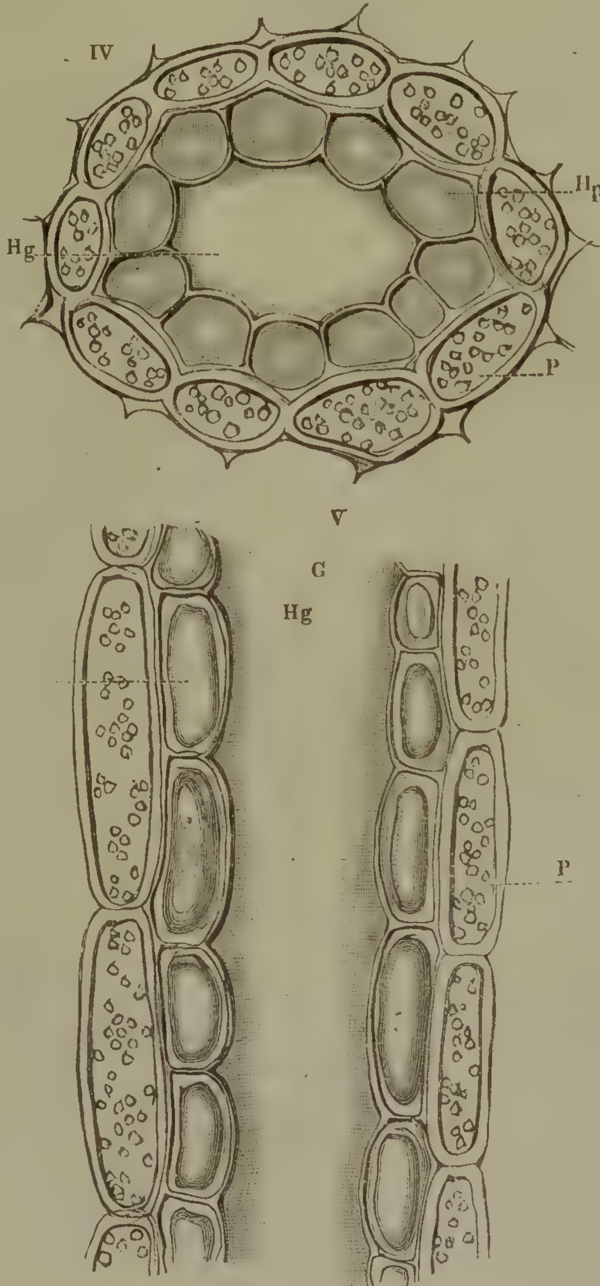


II. und III. Desgleichen aus einer tiefer gelegenen Stelle. II. Junger weiter Harzgang, dessen harzbildende Zellen nur eine Schicht bilden und neben feinkörniger Stärke kleine Tropfen flüchtigen Oeles führen. — III. Aelterer Harzgang. Die das Harz erzeugende, den engen Intercellularraum umgebende, theilweise zweischichtige Zellengruppe, deren Auflösung im Innern bereits beginnt, ist mit einer stark lichtbrechenden Flüssigkeit (Terpentin) erfüllt, während die umgebenden Zellen Stärke enthalten. Vergr. 1 : 800.

Nur bei älteren Gängen findet man die auskleidende zartwandige Zellenschicht manchmal ebenfalls resorbirt, und es erscheinen dieselben dann

— ganz mit Harz erfüllt — von den derbwandigen Zellen unmittelbar umgrenzt. Dagegen treten in den Inhaltsverhältnissen noch mancherlei

Fig. 67.



IV. Querschnitt durch einen fertigen Harzgang, dessen Innenraum *Hg* gleich den zartwandigen Zellen *Hp* mit halbflüssigem Harz erfüllt ist, während die derbwandigen, zusammengedrückten Rindenzellen noch geringe Mengen von Stärke führen. Vergr. 1 : 800. — V. Längsschnitt durch einen fertigen Harzgang. Bezeichnung wie in IV. Vergr. 1 : 800.

Wandlungen ein; es füllen sich sowohl die den Harzgang umgebenden eine bis zwei Reihen der derbwandigen gestreckten Zellen, als auch das nächst umgebende Rindenparenchym dichter und dichter mit Stärkemehl an, bis sie im Herbste damit vollständig vollgepfropft erscheinen. Der Harzgang selbst zeigt um diese Zeit noch durchaus keine merkliche Vermehrung seines Inhaltes. Erst beim Beginne der nächsten Vegetationsperiode erscheint er dichter und dichter mit Harz erfüllt und in gleichem Maasse das Stärkemehl verschwunden. Auch die Randzellen führen ein flüssiges Harz, bis dieses allmälig gegen den Herbst durch Hinübertreten in den Harzgang wieder verschwindet und neuen Mengen von Stärkemehl Platz macht*).

Hauptterforderniss bei diesen Untersuchungen, wozu die oben genannte Pflanze, dann die Kiefer und Weisstanne ein einem Jedem zugängliches Material bieten, ist, dass man in den Knospen, wie bei dem eben sich kräftig streckenden Triebe mit möglichst zarten unverletzten Querschnitten, die ein sehr scharfes Messer und eine öftere Behandlung desselben auf dem Streichriemen verlangen, ganz allmälig von der Spitze nach unten fortschreitet. Nur auf diese Weise kann man sich mit hinreichender Sicherheit von der Differenzirung des Gewebecylinders überzeugen, der den Intercellulargang umgiebt, und erkennt man die Resorption der innersten Zellpartie.

Aussenrinde, Collenchym. — Die äussere Schicht des Rindengewebes zeigt neben rundlichen oder regelmässigen, wenig oder nicht verdickten, noch eigenthümliche, sehr häufig in senkrechter Richtung mehr oder minder gestreckte Parenchymzellen, oder sie besteht ganz aus den letzteren, welche sich durch die unregelmässige, mehr oder minder starke Verdickung ihrer Wandungen auszeichnen, woraus man Veranlassung genommen hat, den aus ihnen zusammengesetzten Gewebetheil mit dem Namen Collenchym (Fig. 68) zu bezeichnen.

Wo die äussere Rindenlage aus dünnwandigen Parenchym- und Collenchymzellen zusammengesetzt ist, da erscheinen die letzteren in mehr oder minder grossen Bündeln, welche ihre Stellung über den Bastgruppen des Gefässbündels nehmen, während die dünnwandigen, bis dicht unter die Epidermis reichenden Elemente den Markstrahlen gegenüberstehen. Die Collenchymzellen beobachtet man in diesem Falle hie und da bedeutend in die Länge gestreckt und mit porösen secundären Verdickungsschichten, so dass sie gleichsam den Uebergang von langgestreckten Parenchymzellen in Faserzellen bilden, von denen sie sich

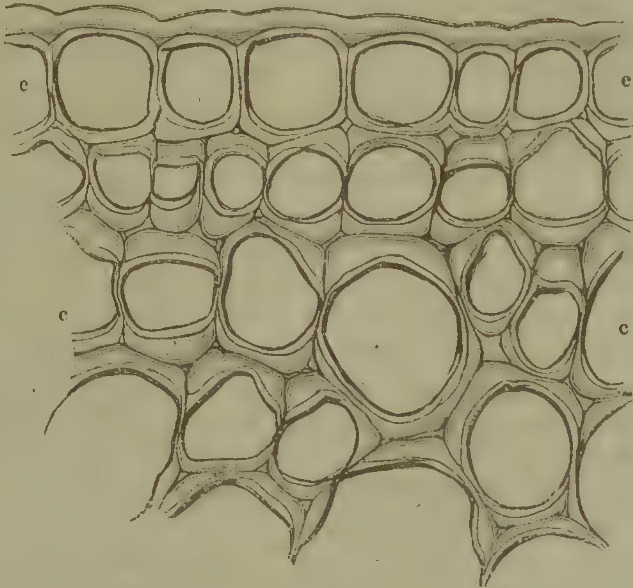
*) Diese Entstehungsweise des Harzes aus Stärke — und nicht zunächst aus desorganisirtem Zellstoff — muss ich nach meinen Beobachtungen auch hier noch festhalten, ohne dass die theoretische Phrasenmacherei solcher, denen die Entwickelungsgeschichte keineswegs zu Gebote steht, meine Ansicht zu erschüttern im Stande wäre.

durch ihre meist wenig verdickten porösen horizontalen Querscheidewände unterscheiden.

In dieser Anordnung findet man das Collenchym unter Anderem bei den Cichoriaceen, Umbelliferen, Chenopodiaceen u. s. w., und es führen dessen Zellen dann niemals Chlorophyll, sondern einen wasserklaren Saft, oder — später — Luft als Inhalt.

In Form einer zusammenhängenden, nur unterhalb der Spaltöffnungen durchbrochenen Schicht erscheint das Collenchym in den grünen Achsentheilen der grossen Mehrzahl der Gewächse sowie in den Blättern mancher Pflanzen, wo es bald in grösserem Umfange auftritt, bald

Fig. 68.



Querschnitt durch das Collenchym von Sonchus asper. *e* Epidermis, *c* Collenchymzellen. Vergr. 1 : 670.

nur aus wenigen, unter der Epidermis liegenden Zellenreihen besteht und dann fast unmerklich in das Gewebe der inneren Rindenschicht übergeht. Als einer ihrer Masse nach stark entwickelten Schicht begegnen wir dem fraglichen Gewebe vorzugsweise bei den Euphorbiaceen, den Begoniaceen, bei Sambucus, Vitis vinifera, Nerium Oleander u. s. w., während es sich in wenigen Reihen, also ein schmales Band bildend, bei unseren meisten Holzgewächsen und in den Blättern findet.

Die Zellstoffhülle der Collenchymzellen besitzt meistens eine weiche Beschaffenheit, was sich schon durch das Aussehen unter dem Mikroskope verräth, noch mehr aber bei der Behandlung mittelst Reagentien, wie Jod und Schwefelsäure, Chlorzinkjodlösung u. s. w. hervortritt. Dieselben verholzen nur in einzelnen Fällen, wie bei manchen Umbelliferen (Angelica sylvestris u. a.), aber auch dann nie so vollständig, dass nicht nach längerer Einwirkung von Chlorzinkjodlösung oder von Jod und Schwefel-

säure die Reaction auf Zellstoff deutlich hervortrete. Die secundären Verdickungsschichten, welche sich in der Regel vorzugsweise in den Ecken ablagern, sind in mannigfacher Weise entwickelt. Man trifft hier sowohl poröse als netzförmig und spiralig verdickte Zellen (Sambucus, Helleborus).

Als Inhaltselemente erscheinen in dieser Form des Collenchyms sowohl wasserklare und rothgefärbte Zellsäfte, als auch Chlorophyll und Stärke, dagegen habe ich nur selten unorganische krystallisirte Salze darin gefunden (Periploca z. B.).

Entwickelung des Rindengewebes. — Um die Entwickelungsgeschichte des Rindengewebes zu studiren, muss man End- oder Seitenknospen von ruhenden sowohl als von im Wachsthum begriffenen Pflanzen untersuchen.

Zarte Quer- und Längsschnitte durch den Vegetationskegel eines in der Entwickelung begriffenen Stammes oder Zweiges zeigen den Uebergang des Urgewebes in das Rindengewebe. Das letztere erkennt man an den dem Vegetationskegel zunächst gelegenen Theilen der Schnitte als anfänglich noch aus wenigen Reihen von höchst zartwandigen, rundlichen Zellen bestehend. Schreitet man dann an dem Längsschnitte oder mittelst neuer Quer- und Längsschnitte an dem Internodium weiter abwärts, so beobachtet man neben der Vermehrung der Zellreihen die allmälige Volumvergrösserung der Gewebezellen und überzeugt sich zugleich, ob und inwieweit noch eine fernere Neubildung von Zellen stattfindet oder nicht. Die Sonderung in die äussere und innere Rindenschicht stellt sich hierbei gleichfalls der Beobachtung dar und kann man die allmälige Verdickung der Collenchymzellen verfolgen.

Wo fremde Gewebeelemente sich in der Rinde einfinden, geben zarte Längsschnitte ebenfalls die nöthigen Thatsachen an die Hand, um zu entscheiden, ob dieselben nur Verzweigungen der Elemente des Bastbündels sind und inwiefern und auf welche Weise sie mit denselben in Verbindung stehen, oder ob sie, sich aus dem Urparenchym unmittelbar entwickelnd, als gewissermaassen selbständige Elemente der Lage nach von dem Gefässbündel resp. dessen Basttheile getrennt verbleiben (wie einzelne Milchsaftgefässe der Euphorbiaceen, Moreen etc.).

Um die Umwandlungen des Inhaltes der Rindenzellen zu verfolgen, hat man passende Schnitte während der Ruheperiode sowohl als während des Wachsthums und dann in, der Zeit nach, nicht zu weit voneinander entfernten Zwischenräumen mittelst der schon früher zu diesem Zwecke empfohlenen chemischen Reagentien zu prüfen. Namentlich versäume man nicht, hierbei auch auf die Formverhältnisse, die Entstehung und Vermehrung des Chlorophylls sowie des in ihm erzeugten Stärkemehls und seiner weiteren Umbildungen u. s. w. sein Augenmerk zu richten.

Das Korkgewebe.

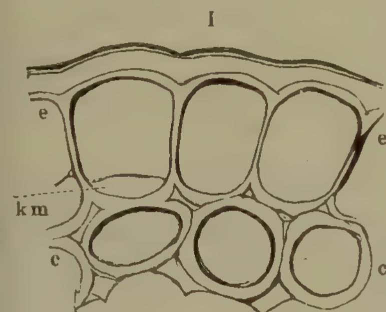
Primäres Korkgewebe.

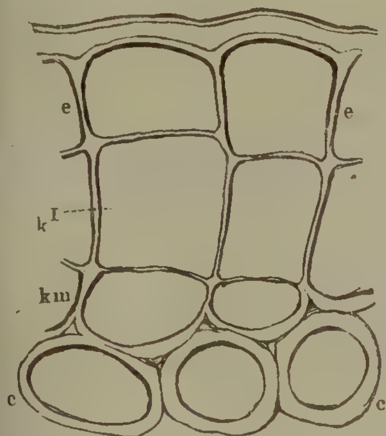
Entstehung des Korkgewebes. — Das Korkgewebe entsteht normal stets später als alle übrigen Gewebe der perennirenden Pflanzen. Es tritt ausserdem bei die äusseren Theile der höheren Gewächse treffenden Verletzungen auf, um dieselben nach Aussen hin gegen die Wirkungen der atmosphärischen Einflüsse abzuschliessen.

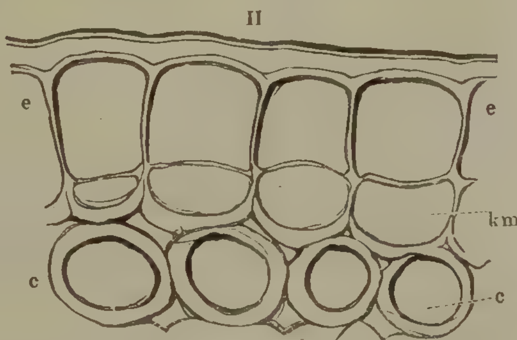
Vermöge der Zeitfolge seiner Entstehung geht das Korkgewebe nicht wie die anderen Gewebe unmittelbar aus dem Urgewebe hervor. Es verdankt seine Entstehung vielmehr einer Neubildung in schon umgebildeten Parenchymzellen. Soweit unsere neueren Beobachtungen reichen, von deren Richtigkeit ich selbst mich zu überzeugen Gelegenheit hatte, können solche Zellen, die sich zu Korkmutterzellen gleichsam regeneriren, entweder Zellen der Oberhaut, zunächst oder tiefer unter der Oberhaut gelegene Zellen der äusseren Rindenschicht: Collenchymzellen, Zellen der inneren Rindenschicht: Rindenparenchymzellen, oder endlich parenchymatische Zellen des Basttheiles der Gefässbündel: Bastparenchymzellen, sein.

Bei den Untersuchungen über die Entwickelung des Korkgewebes, wel-

Fig. 69.





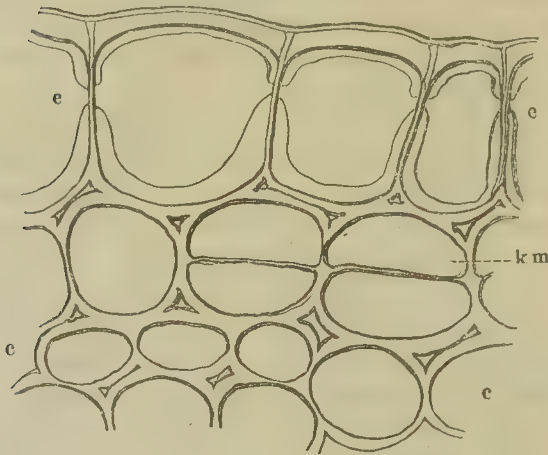


Entwickelung des Korkes von Nerium Oleander. I. Querschnitt durch ein Internodium, wo eben in einzelnen Zellen der Epidermis (rechts) die Theilung beginnt. *e* Epidermis. c Collenchym., *km* eben entstandene junge Korkmutterzelle. — II. Ein ähnliches Präparat mit verschiedenen weit fortgeschrittenen ersten Theilungen. Bezeichnung wie bei I, — III. Querschnitt durch ein Internodium, bei dem sich die ersten Korkzellen k^1 bereits gebildet haben. Vergr. 1 : 660.

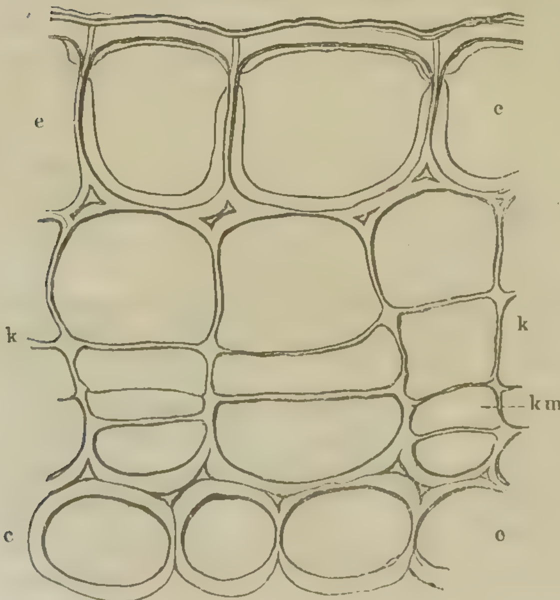
che man an jungen End- oder Seitentrieben in der Art verfolgt, dass man von den jüngsten Internodien aus allmälig zu den nächst älteren fortschreitend zarte, durch kurzes Verweilen in einem Tropfen Ammoniaklösung aufgehellte Querschnitte untersucht, wird man gerade auf diese Verhältnisse sein Augenmerk zu richten haben.

Fig. 70.

I.



II.



Entstehung des Korkes von Sambucus nigra. I. Querschnitt durch ein Internodium mit eben beginnender Theilung. — II. Desgleichen durch ein älteres Internodium mit weiter fortgeschrittenen Entwickelungszuständen. e Epidermis, c Collenchym, *km* Korkmutterzellen, *k* Korkzellen. Vergr. 1 : 420.

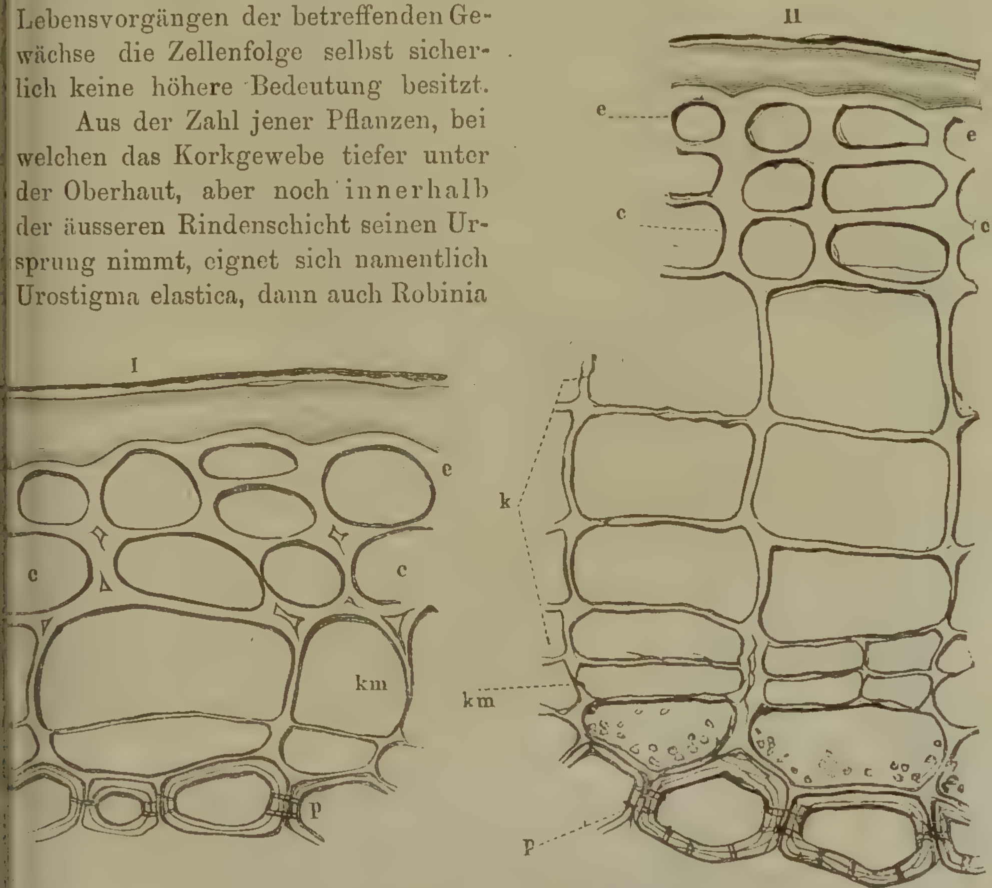
Als Pflanzen, bei denen der Kork sich in den Zellen der Oberhaut entwickelt, nenne ich nur Nerium Oleander (Fig. 69, S. 157), Pyrus malus, Sorbus ancuparia, Viburnum Lantana. Es theilt sich hier die Oberhautzelle in zwei Tochterzellen, von denen die obere sammt den Cuticularschichten und der tertiären Zellstoffhülle verkorkt, während die untere zur neuen Korkmutterzelle wird. In gleicher Weise gehen die weiteren Theilungen vor sich, so dass immer die obere Zelle verkorkt, die untere aber als Mutterzelle jüngerer Korkgenerationen auftritt (Fig. 69, III, a. v. S.).

Bei der grösseren Mehrzahl unserer Holzgewächse, z. B. Acer, Fagus, Quercus, Betula, Ulmus, Prunus, Aesculus, Sambucus, den Pelargonien u. s. w., werden die zunächst unter der Oberhaut gelegenen Collenchymzellen zu Mutterzellen des Korkes (Fig. 70). Hier finden sich in Bezug auf den Gang der Verkorkung sowie der einander folgenden

Zelltheilungen mehrfache Abänderungen, auf welche ich hier indessen nicht näher eingehen kann und über welche man im Vergleiche mit der beigegebenen Entwickelungsgeschichte von Sambucus nigra (Fig. 70) die unten angezogene Abhandlung von Sanio nachlesen möge. Ob hier überhaupt die dort aufgestellten Gesetze unbedingt maassgebend sind, ist mir nach meinen eigenen Untersuchungen noch zweifelhaft und möchte ich nicht versäumen, die Aufmerksamkeit der Beobachter darauf hinzulenken, obwohl für das Wesen des Korkes selbst sowie für dessen Verhalten zu den Lebensvorgängen der betreffenden Gewächse die Zellenfolge selbst sicherlich keine höhere Bedeutung besitzt.

Aus der Zahl jener Pflanzen, bei welchen das Korkgewebe tiefer unter der Oberhaut, aber noch innerhalb der äusseren Rindenschicht seinen Ursprung nimmt, eignet sich namentlich Urostigma elastica, dann auch Robinia Pseud-Acacia sehr gut zur Beobachtung. Hier sind es die Zellen der zweiten oder dritten Collenchymreihe, welche zu den Korkmutterzellen werden (Fig. 71).

Fig. 71.



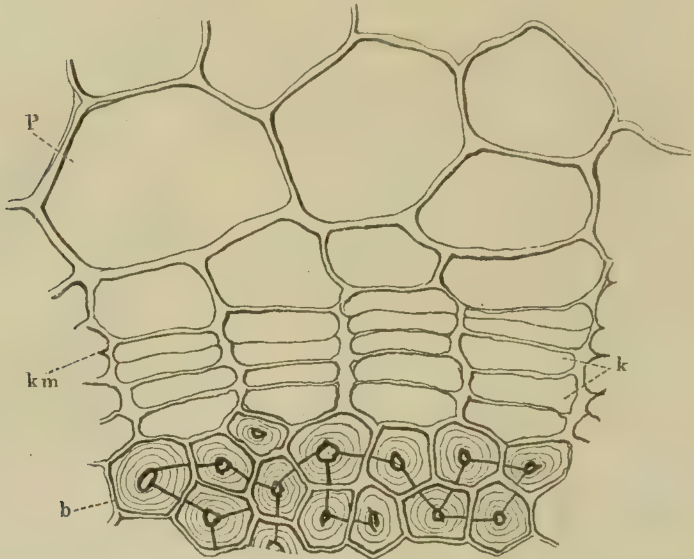
I. und II. Verschiedene Entwickelungszustände des Korkgewebes von Urostigma elasticum. *e* Epidermis, *c* Collenchymzellenreihen, *km* Korkmutterzellen, in denen bei Fig. II. links eine Theilung auch in radialer Richtung auftritt. *k* Korkzellen, *p* verholzte Rindenparenchymzellen. Vergr. 1 : 660.

Bei den Rubus- und Ribes-Arten, ebenso bei Lycium (in der Regel?) entsteht das Korkgewebe in den inneren Rindenschichten, und zwar sind es die zunächst an das Gefässbündel angrenzenden Rindenparenchymzel-

len, welche zu Korkmutterzellen werden (Fig. 72), so dass das ganze junge Rindengewebe durch die Korkbildung abgestossen wird.

In dem Parenchym des Bastbündels entwickelt sich das primäre

Fig. 72.



Entwickelung des Korkes in dem Stengel von Rubus fruticosus. *P* Parenchym der Innenwand, *km* Korkmutterzellen, *k* junge Korkzellen, *b* Bastfasern. Vergr. 1 : 660.

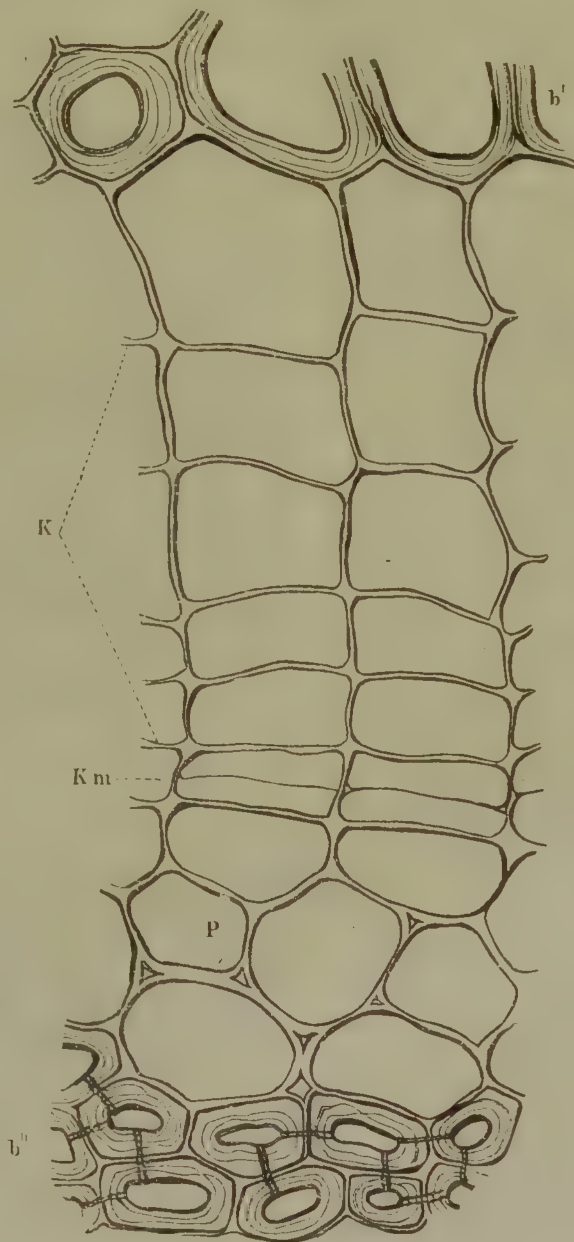
Korkgewebe nur bei einer verhältnissmässig geringen Anzahl von Pflanzen, bei denen, wie bei Vitis vinifera (Fig. 73), Clematis und Lonicera durch den primären oder eigentlichen Kork im ersten Jahre die ganze Rinde sammt der ältesten Partie des Bastbündels und dann alljährlich durch secundären Kork (Borkenbildung) die nachgebildeten älteren Bastlagen des Gefässbündels abgeworfen werden.

Form und chemisches Verhalten der Korkzellen. — Das Korkgewebe besteht in derRegel aus auf dem Querschnitt vierseitigen Zellen, die entweder allseitig gleichförmig ausgedehnt, oder in radialer Richtung zusammengedrückt, oder gestreckt sind.

Die Zellhülle ist entweder nur schwach oder mässig, seltener stärker verdickt. Dieselbe verkorkt schon sehr frühzeitig und so vollständig, dass der Zellstoff auch nach vorgängiger Behandlung mit den bekannten chemischen Mitteln nicht mehr oder doch nur unvollständig nachgewiesen werden kann, während sie durch längeres Kochen in dem Schultz'schen Macerationsgemisch in eine wachsartige Masse umgewandelt wird. Der Inhalt der Korkzellen verschwindet ebenfalls schon bald und es führen dieselben Luft. Nur die stärker verdickten Korkzellenschichten der Laub- und Nadelhölzer enthalten einen dunkelgelb bis

rothbraun gefärbten harzartigen Stoff, hier und da (nach Schacht) auch Krystalle.

Fig. 73.



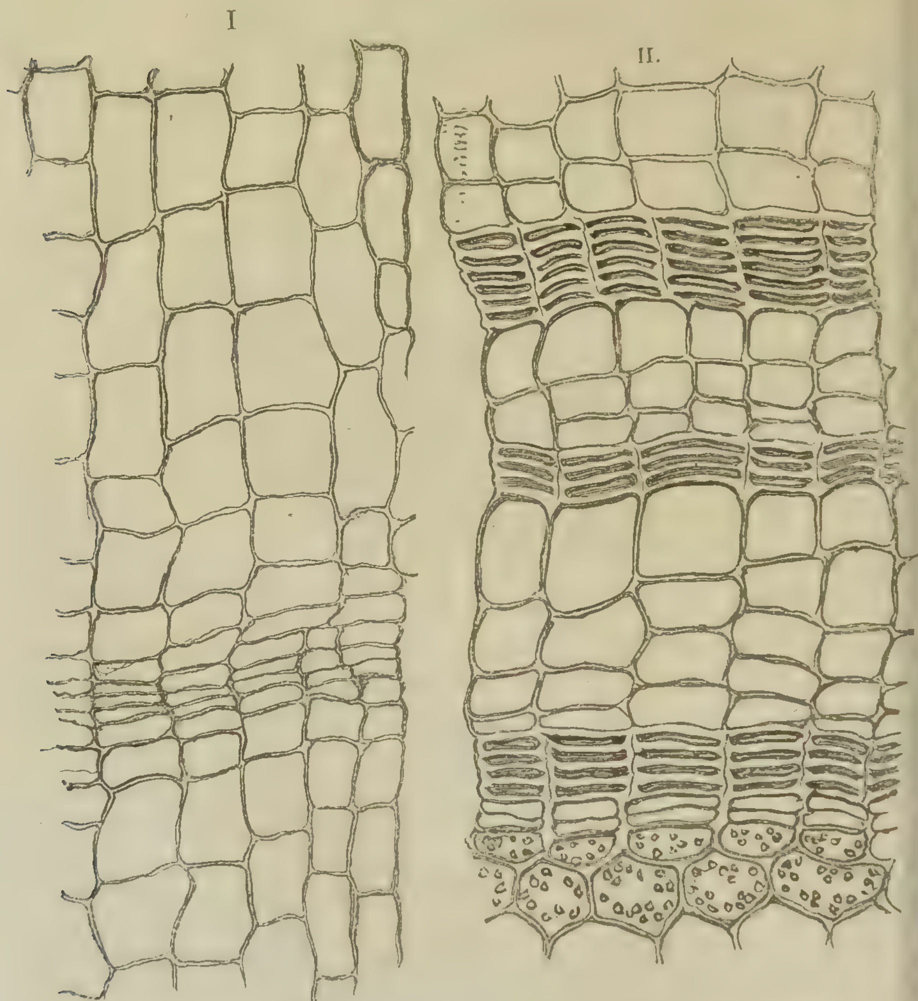
Entwickelung des primären Korkes von Clematis vitalba. b^{I} Bastfasern des primären Bastbündels, b^{II} Bastfasern der secundären schmalen Bastgruppe. *P* Bastparenchym, *km* Korkmutterzellen, *k* junge Korkzellen. Vergr. 1 : 660.

Arten des Korkes. — Die Verhältnisse der durchgängig gleichartigen, zartwandigen oder dickwandigen Beschaffenheit der Zellhüllen sowie des Wechsels zwischen zartwandigen und dickwandigen Zellen-

schichten des Korkgewebes einerseits, der Ort des Bildungsheerdes für den Kork andererseits bedingen jenes mannigfache Verhalten des letzteren, in welchem die Art 'der äusseren Bekleidung unserer perennirenden und Holzgewächse ihren Grund hat.

Wo der Kork in den äussersten Rindenschichten oder in der Epi-

Fig. 74.



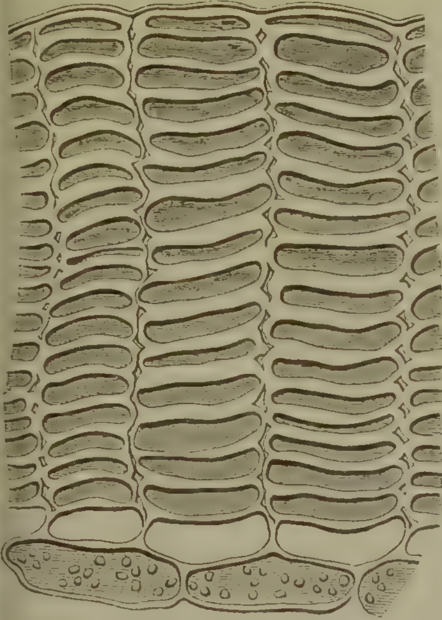
Verschiedene Arten des Korkes. I. Querschnitt durch das Korkgewebe des Feldahornes (Acer campestre). — II. Querschnitt durch den aus abwechselnd langen zart- und derbwandigen Zellen gebildeten Lederkork der Birke (Betula alba). Vergr. v. I. 1 : 250, II. 1 : 660.

dermis entsteht und zum grössten Theile aus mächtigen Lagen dünnwandiger nahezu cubischer oder in radialer Richtung gestreckter Zellen besteht, die nur durch schwache Streifen tafelförmiger, mässig verdickter Zellen unterbrochen werden, da wuchert derselbe, den man auch als gewöhnlichen Kork (Suber) bezeichnet, jedes Jahr neue Lagen bildend

und in seinen äusseren Bezirken unregelmässig in der Achsenrichtung des Stammes zerreissend, in üppigster Weise über den verbleibenden äusseren und inneren Rindenschichten, wie dies z. B. bei dem Feldahorn (Acer campestre), der Korkrüster (Ulmus suberosa), der Korkeiche (Quercus suber) der Fall ist (Fig. 74, I.).

Fig. 74.

III.



Querschnitt durch den nur aus derbwandigen Zellen bestehenden Lederkork der Linde (Tilia grandifolia). Vergr. 1 : 660.

Entwickelt sich das Korkgewebe derart, dass Schichten radial zusammengedrückter, tafelförmiger, stärker verdickter, mit solchen aus radial gestreckten, dünnwandigen Zellen wechseln, dann geht daraus die von einigen Autoren Lederkork (Periderma) genannte Modification des Korkgewebes hervor, bei welcher sich dieses in mehr oder minder starke, abblätternde Lagen trennt (Betula alba, Prunus cerasus, Fig. 74, II.). Besteht endlich das ganze Korkgewebe nur aus tafelförmigen verdickten Zellen, so bleibt die ebenfalls zum Periderma gerechnete Korkhülle der Rinde glatt und blättert nicht ab (Fagus, Tilia, Carpinus, Sorbus, Abies pectinata u. s. w., Fig. 74, III.).

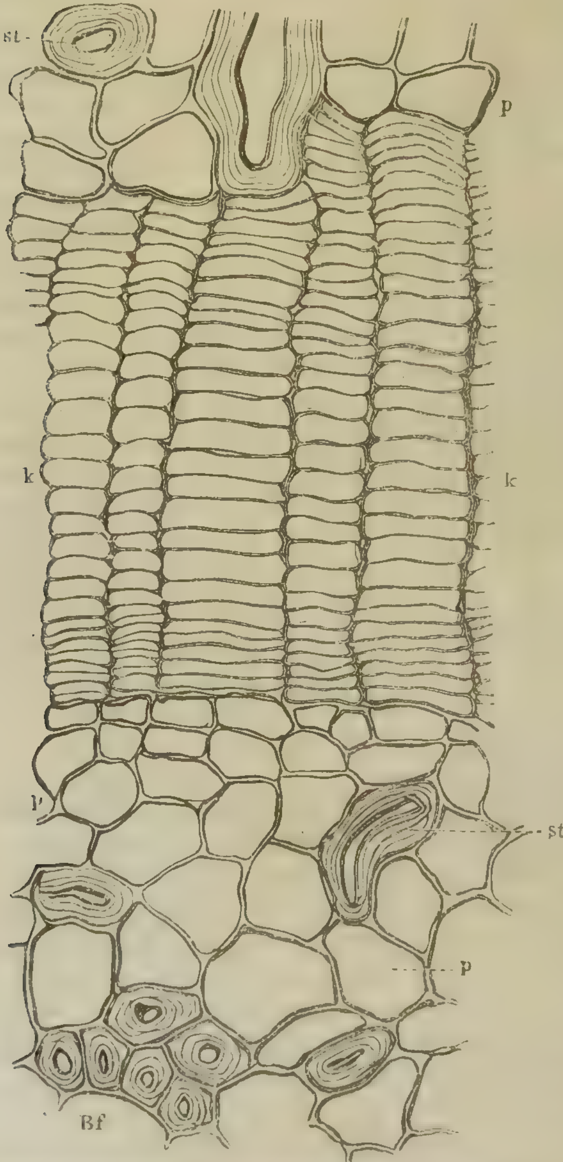
Borke.

Entstehungsweise der Borke. — Die Borkebildung, welche keineswegs mit der letzten Modification der Entstehungsweise des primären Korkes identisch ist, und deren Entstehung man mittelst Quer- und Längsschnitten an jüngeren und stufenweise im Alter fortgeschrittenen Zweigen, Aesten oder besser noch Stammstücken verfolgt, beruht, wie schon v. Mohl nachgewiesen hat, auf einer Entwickelung von secundärem Korkgewebe innerhalb des Basttheiles der Gefässbündel. Sie tritt in späterem Alter bei einer grossen Zahl derjenigen Holzpflanzen auf, welche ihren Rindenkork schon in der Jugend gebildet haben. Nachdem nämlich die Korkbildung hier ihr Ende erreicht hat, verdickt sich der Basttheil des Gefässbündels nach längerer Zeit in der später näher beschriebenen Weise. Dann aber entstehen in dem Bastparenchym der älteren Jahresringe an der Grenze des zunächst jüngeren Jahresringes durch Quertheilungen je nach Umständen eine kleinere oder grössere Anzahl von tangentialen Reihen tafelförmiger, dünnwandiger oder ver-

dickter Korkzellen, welche den nach Aussen von ihnen gelegenen Theil des Gefässbündels von dem noch lebenskräftigen Theile abschliessen.

Borke der Laubhölzer. — Bei der Platane, dem Pflaumen- und dem Kirschbaume entwickeln sich die aus dünnwandigen Zellen bestehenden Korkreihen (Fig. 75, *k*) nicht im ganzen Umfange der Gefässbündel, und es blättern die abgestorbenen Bastlagen in Form von dünnen Schuppen oder bandartigen Lappen ab. Bei unserer Eiche (Quercus robur), bei der Linde, Pappel, Erle und Rosskastanie entstehen ähnliche, aus derbwandigen Zellen bestehende Korkplatten (Fig. 76, *P*, *P*) im Innern der Bastbündel, wie bei der Platane; es fallen aber die älteren Schuppen nicht ab, sondern reissen nur an den Rändern ein, so dass der Stamm von einer, aus mehreren übereinanderliegenden abgestorbenen Schuppen bestehenden Borke bekleidet wird, die in ihren inneren Bezirken sämmtliche Elemente des Bastes, an ihrer äusseren Seite noch die Rinde mit dem primären Korkgewebe beobachten lässt.

Fig. 75.



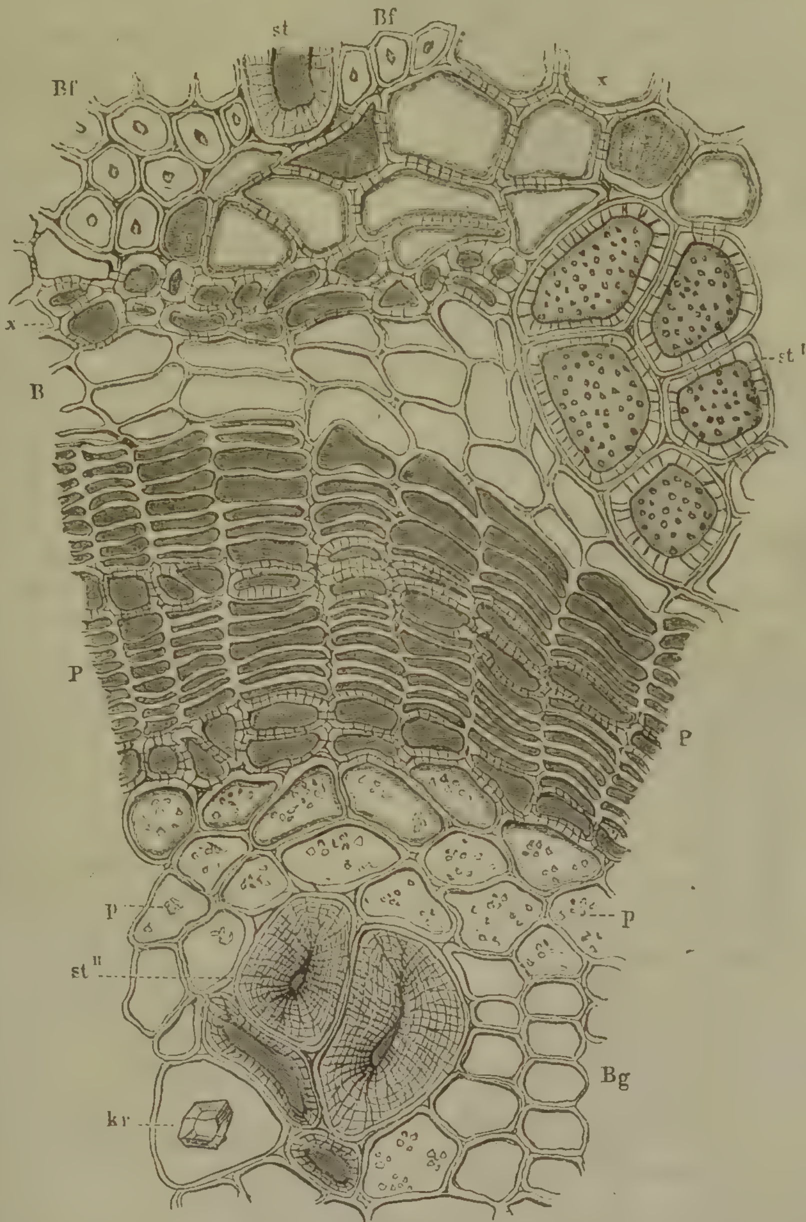
Querschnitt durch die Borke des Kirschbaumes (Prunus cerasus). *Bf* Bastfasern, *p* Parenchym, *st* verdickte und versetzte Parenchymzellen, welche hier und da faserartig und verzweigt erscheinen, *k k* aus dünnwandigen Zellen bestehende Korkplatte. Vergr. 1 : 420.

Borke der Nadelhölzer. — Unter den einheimischen Nadelhölzern gehören zu den schon frühzeitig borkebildenden Bäumen die Kiefer und Lerche, der Wachholder und der Eibenbaum.

Die beiden ersteren bil-

den eine rissige, jener der letztgenannten Laubhölzer ähnliche und bei der Kiefer theilweise abblätternde Borke mittelst eines aus wechselnden Lagen dünnwandiger und verdickter Zellen bestehenden Peridermas

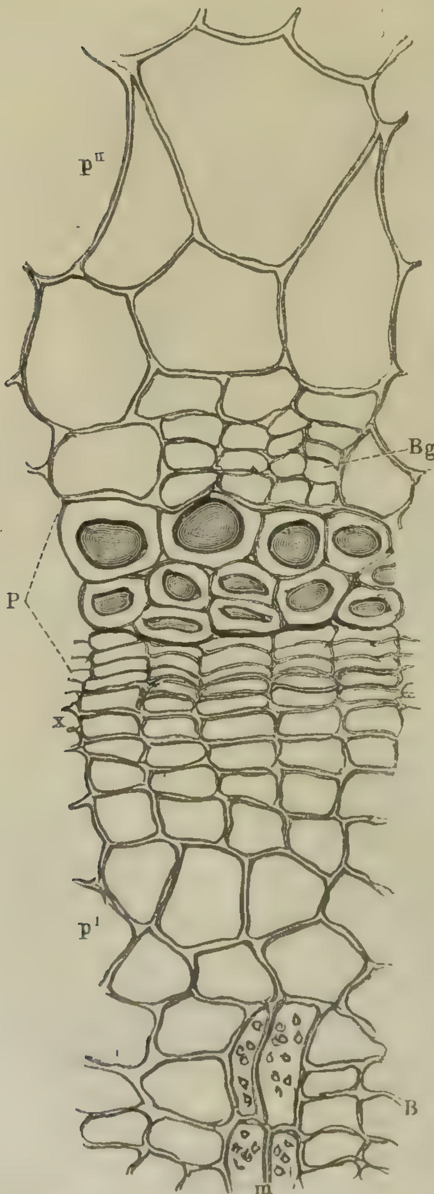
Fig. 76.



Querschnitt durch die innerste Borkenlage der Traubeneiche (Quercus robur). *PP* aus derbwandigen, mit einer rothen homogenen Masse erfüllten Zellen gebildete Peridermalage, *pp* Parenchymzellen mit einzelnen Stärkekörnern, st^{I} mässig verdickte Parenchymzellen (Steinzellen), st^{II} stark verdickte Parenchymzellen, *Bg* Bastgefässe (Siebröhren), *Bf* Bastfasern, *B* Parenchym und Gefäss des Bastes, *kr* grosse ein Krystall enthaltende Parenchymzelle, *x* — *x* eine peridermaartige Gewebegruppe. Vergr. 1 : 440.

(Fig. 77 I. u. II. *P*). Sie zeichnen sich aber noch ganz besonders dadurch aus, dass bei ihnen mächtige Lagen eines nachgebildeten, grosszelligen parenchymatischen Gewebes zwischen den einzelnen Peridermaschichten auftreten, welche die Elemente des Bastbündels in kleinere oder grössere Gruppen sondern (Fig. 77, I. und II., p^{II}). Ob diese Gewebepartieen als eine Wucherung des Bast- — und in den äusseren Theilen — des Rindenparenchyms zu betrachten sind, oder ob sie mit zur Korkbildung gehören, darüber kann nur die Entwickelungsgeschichte, sowie die Folge ihres Auftretens Aufklärung geben, denn in ihrem sonstigen Verhalten gegen chemische Reagentien sowie gegen polarisirtes Licht stimmen sie ebenso wie die verdickten Peridermazellen nicht mit den dünnwandigen Korkzellen überein.

Fig. 77.



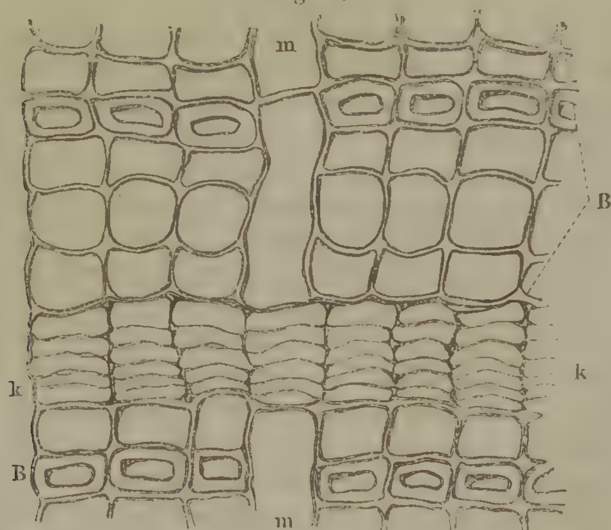
Bei dem Wachholder, welchem sich die Taxineen und Cupressineen anschliessen, erfolgt die Borkebildung mittelst wenige Reihen zählender, auch die Markstrahlen durchsetzender, dünnwandiger Korkschichten (Fig. 78, *k*, *k*), welche dem Umfange des Stammes folgen und so den Bast in regelmässige concentrische Blätter zerfällen, die nur einen schwachen Zusammenhang besitzen und leicht abgelöst werden können oder sich von selbst nach Aussen in unregelmässigen Lappen lostrennen. Die Fichte und Weisstanne schreiten erst im späteren Alter zur Bildung einer am Stamme verbleibenden unregelmässig zerrissenen Borke, die aber weniger tief eindringt und namentlich nur den die bekannten verzweigten kurzen faserähnlichen Zellen enthaltenden Theil der Rinde, nicht aber den Basttheil des Gefässbündels ergreift.

Zum Studium der Structurverhältnisse des Korkgewebes in seinen verschiedenen Modificationen hat man Quer- und Längsschnitte an-

Fig. 77.

I. Borke der Kiefer (Pinus silvestris). I. im Querschnitt, II. im Längsschnitt. *Bg* Bast-Gefässzellen (Siebröhren), p^{I} Bastparenchym, p^{II} grosszelliges, korkartiges, in bedeutenden Massen wucherndes Parenchym, *m* Markstrahl, *P* aus einer inneren dünnwandigen und einer äusseren derbwandigen Schicht bestehendes Periderma, *xx* tafelförmige Zellen vor der Peridermaplatte. Vergr. 1 : 180.

Fig. 78.



Querschnitt durch die Borke von Juniperus communis. *BB* Elemente des Bastes, *mm* Markstrahlen, *kk* aus dünnwandigen Zellen gebildete, dem Stammumfang parallele Korkplatte. Vergr. 1 : 370.

zufertigen, die zunächst unter Wasser, dann aber auch unter dem Einflusse der mehrfach genannten Reagentien zu betrachten sind. Für die genaue Kenntniss der Borke reichen diese Schnitte in dem Zustande, wie man sie dem betreffenden Pflanzentheile entnommen hat, nicht immer aus, da die von ersterer eingeschlossenen Gewebetheile meistens mehr oder minder vertrocknet und dadurch unkenntlich geworden sind. Will man sich über diese eine genaue und vollkommene Uebersicht verschaffen, so wird man die entsprechenden Schnitte entweder einige Zeit in kalter Aetzkalilauge maceriren oder dieselben in dieser Flüssigkeit einige Minuten erwärmen und hierauf mittelst destillirten Wassers aussüssen müssen. Durch diese Operation erlangt nämlich das ganze Gewebe seine ursprüngliche Spannung in mehr oder minder hohem Grade wieder und die gesammten Structurverhältnisse treten aufs Deutlichste zu Tage.

Das Oberhautgewebe.

Das Oberhautgewebe besteht bloss aus einer einzigen Lage und nimmt seinen Ursprung unmittelbar aus dem Urparenchym. Seine Zellen bleiben häufig noch längere Zeit, oft sogar bis in ein verhältnissmässig hohes Alter (Viscum, Ilex) fortbildungsfähig, so dass es mit Leichtigkeit der Verdickung der Achsenorgane folgen kann.

Die Oberhaut fehlt keinem nach Aussen gewendeten Theile der Gewächse, mag dieses ein Seiten- oder Achsenorgan sein. Bei den Achsenorganen bleibt dieselbe jedoch nur so lange erhalten, als die Korkbildung noch nicht so weit fortgeschritten ist, dass sie durch letztere abgeworfen und durch den Kork ersetzt wird.

Arten und Bau des Oberhautgewebes.

Man unterscheidet je nach der Beschaffenheit der Zellhüllen namentlich aber der Verdickungsschichten, deren Ablagerung hier meistens einseitig erfolgt, dreierlei Modificationen des Oberhautgewebes, Epithelium, Epiblema und Epidermis.

Epithelium. — Das Epithelium bildet eigentlich ursprünglich die Bedeckung aller jungen Pflanzentheile, so auch des Vegetationskegels. Aus ihm gehen später Epiblema sowohl als Epidermis hervor. Während es sonach in der Mehrzahl der Fälle bald verschwindet, verharrt es längere Zeit nur als Oberhaut der inneren Höhlungen mancher Pflanzenorgane, z. B. des Fruchtknotens, des Staubwegcanales beim Griffel, ferner als Oberhaut der Narbe und der Blumenblätter. Die Zellstoffhülle verholzt hier niemals, und der Inhalt wird entweder von farblosen wässerigen oder von gefärbten Säften gebildet. Hier und da, namentlich bei den Blumenblättern, finden sich auch Farbenkörperchen von kleinem oder grösserem Umfange.

Epiblema. — Das Epiblema tritt nur bei den unterirdischen Pflanzentheilen als Oberhaut auf. Es besitzt meist etwas abgeplattete, nach Aussen nur wenig verdickte Zellen, deren Zellstoffhülle gleichfalls nicht verholzt.

Epithelium und Epiblema zeichnen sich dadurch von der vollständig entwickelten Epidermis aus, dass ihnen die der letzteren eigenthümlichen Spaltöffnungen fehlen, wogegen sich bei den letzteren häufig zartwandige länger oder kürzere, einzellige Haare entwickeln, welche aus einer Verlängerung einzelner Zellen hervorgehen. Zur Untersuchung der beiden Gewebemodificationen dienen zarte Längs- und Querschnitte aus den betreffenden Pflanzentheilen und hat man für das Epiblema nur ganz junge Wurzelchen zu nehmen, weil sonst die Oberhaut bereits abgestorben und durch Kork ersetzt ist.

Epidermis. — Die Epidermis findet sich am vollkommensten entwickelt bei den Blättern, sowie an der grünen Rinde einjähriger sowohl als ausdauernder Gewächse. Zu ihrer Beobachtung hat man zunächst höchst gelungene, zarte Querschnitte nöthig, welche man durch Schneiden zwischen Hollundermark (siehe Bd. I, S. 324) herstellt, dann bedarf man einer senkrecht zur Fläche geführten Längsansicht, sowie einer Flächenansicht, wozu man die Präparate leicht durch das Abziehen der Oberhaut oder, wo dies sich nicht ausführen lässt, mittelst eines ganz zarten Flächenschnittes von dem betreffenden Pflanzentheile gewinnen kann.

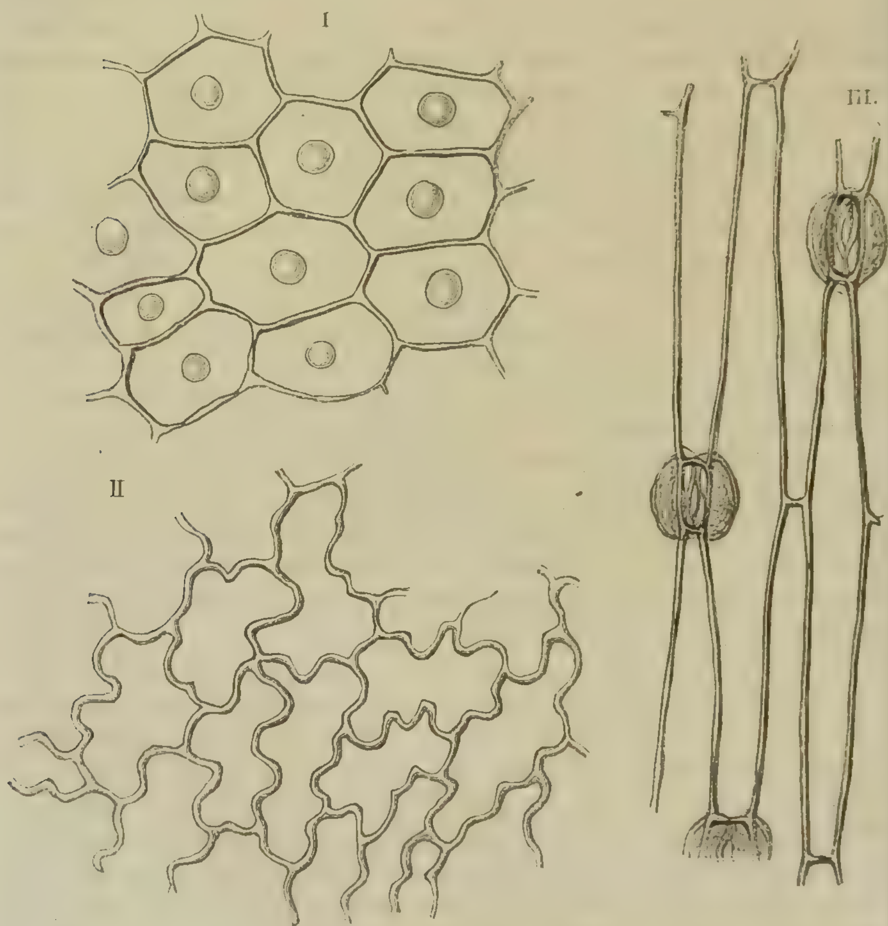
Formen der Oberhautzelle. — Die Oberhaut besteht immer aus Parenchymzellen, die meist mehr oder minder abgeplattet (tafelförmig), seltener — und zwar nur bei der Oberhaut der Samen — von prismatischer Form sind. Bei den Achsenorganen langsam in die Länge wachsender Pflanzen sind die Zellen derselben in der Längsansicht in der Regel kaum in die Länge gestreckt, dagegen erreichen sie bei sehr rasch wachsenden Gewächsen oft eine nicht unansehnliche Länge. In beiden Fällen nähert sich ihre Gestalt mehr dem regelmässigen Vieleck und zeigt nur in selteneren Fällen unregelmässige Formen. Die Oberhaut der Blätter zeigt nur bei den Monokotyledonen die langgestreckte Zellenform (Fig. 79, III., a. f. S.), sonst treten entweder ziemlich regelmässig polygonale oder mehr oder minder unregelmässige, sternförmige, wellige und andere Formen auf (Fig. 79, I. u. II., a. f. S.).

Structur der Zellstoffhülle. — Die Zellstoffhülle der Oberhautzellen ist nur höchst selten und zwar nur bei sehr zarten und weichen Blättern und Stengeln gar nicht oder wenig verdickt und besteht dann, mit Ausnahme eines höchst zarten, über der nach Aussen gewendeten Seite ausgespannten Häutchens (Cuticula) aus reinem Zellstoff.

In der Mehrzahl der Fälle begegnen wir dagegen mehr oder min-

der massigen secundären Verdickungsschichten, welche in der Regel einseitig, d. h. auf der nach Aussen gewendeten Seite der betreffenden Zelle abgelagert sind (Fig. 13, I. bis III. auf S. 66 u. Fig. 17 auf S. 73).

Fig. 79.



Verschiedene Formen der Oberhautzellen. I. aus dem Blatte von Aloe succotrina, polygonal. II. aus dem Blatte von Polipodium vulgare, buchtig. III. aus dem Blatte von Iris germanica, langgestreckt. Vergr. 1 : 250.

Der Inhalt der Oberhautzellen besteht in der ersten Zeit ihres Lebens und so lange sie theilungsfähig bleiben, aus Protoplasma mit dem Kern und aus Zellsaft. Später führen sie entweder meist wässerigen Inhalt oder Luft. Nur in einzelnen Fällen findet man auch andere Stoffe, so in den Oberhautzellen junger Zweige von Ephedra, Chlorophyll und Stärke, in einzelnen Zellen von Citrus grosse Krystalle, welche bei Vanilla planifolia in allen Oberhautzellen und zwar in der Regel zu je einem erscheinen.

Cuticularmetamorphose.

Ein besonderes Interesse gewährt die chemische Beschaffenheit der Oberhautzellen und hat man vorzugsweise jenes Verhalten ins Auge zu fassen, welches die Umbildung der verschiedenen Zellhüllschichten betrifft und unter dem Namen Cuticularmetamorphose bekannt ist.

Letztere, welche in der Regel ähnliche Veränderungen hervorbringt, wie die als Verkorkung bekannte Umbildung der Zellhüllen des Korkgewebes, in einzelnen Fällen auch auf einer einfachen Verholzung beruht, wie wir ihr schon bei anderen Zellenarten begegnet sind, ergreift unter allen Umständen die äusserste (cambiale) Hüllschicht, während die sogenannten primären Wandungen, sowie die secundären und tertiären Verdickungsschichten ihr entweder ganz, nur theilweise oder gar nicht anheimfallen, so dass man Oberhautzellen mit und ohne Cuticularschichten unterscheiden kann.

Oberhautzellen ohne Cuticularschichten. — Bei einer geringen Anzahl von Pflanzen bleiben die Zellhüllschichten von der primären Wandung bis zu der tertiären Verdickungsschicht chemisch unverändert, so dass sich in ihnen auf allen Altersstufen der reine Zellstoff nachweisen lässt. Chlorzinkjodlösung, ebenso Jod und Schwefelsäure färben solche Oberhautzellen durch alle diese Schichten in der bekannten charakteristischen Weise, während ein äusserstes, anfänglich sich überall nicht färbendes Häutchen, soweit es zwischen den Oberhautzellen verläuft, nicht, über der Aussenseite der Verdickungsschichten aber und soweit es mit der atmosphärischen Luft in Berührung ist, gelb, gelbröthlich bis braun gefärbt wird (Fig. XXXVI., I. bis III. und XLIII.

Während also die zuerst über der Zellhaut abgeschiedene cambiale Hüllschicht zwischen den sich berührenden Oberhautzellen zur Intercellularsubstanz wird, ist sie nach Aussen durch eine unter dem Einflusse äusserer Agentien vor sich gegangene chemische Umbildung in die Cuticula übergegangen. Hier und da dringt die Metamorphose auch etwas in die Seitenwände der äussersten Hüllschicht, so dass sich die dunkle Färbung keilförmig zwischen die secundären Schichten hineinzieht (Fig. XLIII., II.).

Zu den Pflanzen, bei denen die Verdickungsschichten der Oberhautzellen nicht cuticularisirt werden, gehören viele Liliaceen und Aroideen, die einheimischen Orchisarten, manche Umbelliferen, Dipsacus u. A.

Oberhautzellen mit Cuticularschichten. — Bei der grossen Mehrzahl solcher Pflanzen, welchen eine Oberhaut mit einseitig stärker verdickten Zellen eigen ist, begegnen wir jener eigenthümlichen Umwandlung der primären Zellstoffhülle, sowie der secundären, hie und da auch der tertiären Verdickungsschichten, welche oben mit dem Namen

der Cuticularmetamorphose bezeichnet wurde und welche manchmal auch ganz entschiedene Eingriffe in die Structurverhältnisse beobachten lässt (vergleiche Fig. XLIV. bis XLVIII. nebst Erklärung). Die Verdickungsschichten erhalten dann den Namen Cuticularschichten, während auch hier die Bezeichnung Cuticula für das meist zarte Häutchen bleibt, welches die Aussenwand der betreffenden Zellen continuirlich überzieht und sich in frischen Schnitten von den darunter liegenden Hüllschichten durch eine eigene Begrenzung, an mit Reagentien behandelten Präparaten durch eine hellere oder dunklere Färbung unterscheidet.

Es lassen sich bei der Cuticularmetamorphose mehrere Modificationen unterscheiden, welche man nicht selten an verschiedenen Exemplaren derselben Pflanzenart, ja von ein und demselben Organe der nämlichen Pflanze auf verschiedenen Altersstufen beobachten kann und deren Verfolg für die Erkenntniss der verschiedenartigen Umbildungsweise des Zellstoffes nicht ohne Interesse ist.

Die einzelnen Fälle, welche hier vorzugsweise in Betracht kommen, sind folgende:

1. Es zeigen die Umwandlung in Cuticularschichten nur die primären und einige oder alle secundären Hüllschichten und dann bloss nach der Aussenseite, während die tertiäre oder innerste Verdickungsschicht nach allen Seiten hin, die anderen Schichten aber, soweit sie vorhanden sind, in den Seiten- und Innenwänden der Oberhautzellen ihre ursprüngliche chemische Beschaffenheit bewahren. Dies ist der Fall bei der Oberhaut des Stengels und Blüthenschaftes mancher Monokotyledonen und der meisten lederartigen und glänzenden Blätter (Nerium, Urostigma, Hoya, tropische Orchideen u. s. w.). Die cuticularisirten secundären Schichten können dabei entweder gleichartig verändert erscheinen (Fig. XLIV., I. bis V.), oder in mehrere optisch und chemisch verschiedene Schichten zerfallen (Fig. XLIV., VI.), wo dann, wie die Anwendung polarisirten Lichtes lehrt, die älteren immer verkorkt, die jüngeren aber häufig nur verholzt erscheinen.

2. Es erleidet die primäre Hüllschicht bis hinab in die Seitenwände der Epidermiszellen die Cuticularmetamorphose, während die secundären Verdickungsschichten nur nach der Aussenseite hin verändert werden, dagegen in den Innen- und Seitenwänden Zellstoffreaction zeigen (Blattnerv von Nerium, Blatt von Aloe, Gasteria, Ruscus etc.) (Fig. XLV., I. bis III.)

Das in diesem Falle beobachtete sogenannte keilförmige Vordringen der Cuticularschichten in die Seitenwände beruht nicht sowohl auf der Cuticularisirung der letzteren, als vielmehr auf der Ablagerungsweise der betreffenden Zellhüllschichten, die sich mehr oder minder nach Aussen wölben.

3. Die Cuticularmetamorphose ergreift die primären und secundären, seltener auch die tertiären Hüllschichten der ganzen oberen Zellenhälfte, während die ganze untere Hälfte der Zelle in allen dort ent-

wickelten Schichten chemisch unverändert bleibt (Fig. XLVI.). So z. B. in den jüngeren Stengelgliedern von Viscum und Urostigma.

4. Es werden entweder die primäre Zellstoffhülle allein, oder neben ihr auch der etwa allseitig entwickelte secundäre Schichtencomplex ganz oder theilweise in dem ganzen Umfange cuticularisirt, während die tertiären allseitigen Schichten unverändert bleiben (Fig. XLVII., I. bis VI.). Stengel von Ephedra, Blatt von Phornium tenax, Fiederblatt von Cycas, Ceratozamia, Dion etc.

Auch bei den drei letzten Modificationen der Cuticularmetamorphose können entweder sämmtliche homologen Schichten gleichartig verändert sein oder verschiedenartige Partieen erkennen lassen, die nicht selten an demselben Pflanzenorgane zum Ausdrucke gelangen. Hierfür bietet das Verhalten der Oberhautzellen des Fiederstieles und Blattes von Cycas (Fig. XLVII., II. bis V.) ein instructives Beispiel, was wohl auch die Ursache ist, dass wir gerade von diesem Objecte so verschiedene Darstellungen besitzen (Schleiden, v. Mohl, Schacht, Wigand).

5. Die ganze Epidermis wird durch sämmtliche Verdickungsschichten allseitig cuticularisirt, und es ergreift die chemische Umbildung nicht selten auch die nächst unterliegenden Collenchymzellen ganz oder zum Theil. So bei den Nadeln von Pinus silvestris, den älteren Stengelgliedern von Viscum und Urostigma u. s. w. (Fig. XLVIII., I. bis III.). Bei der letzteren Pflanze ist indessen das Umwandlungsproduct in den Oberhautzellen und den zwischen ihnen und dem Korkgewebe gelegenen Collenchymzellen ein verschiedenes (siehe oben), was namentlich aus dem Verhalten gegen polarisirtes Licht erhellt.

Structur der Cuticularschichten. — Die Structur der Cuticularschichten stimmt im Ganzen mit jener der übrigen Verdickungsschichten vollständig überein. Häufig erkennt man dieselben schon auf einem recht zarten Querschnitte unzweifelhaft als geschichtet. Wo dies indessen auch nicht der Fall ist, da tritt die Schichtung auf das deutlichste hervor, wenn man die betreffenden Präparate mit mehr oder minder concentrirter Schwefelsäure oder Aetzkali behandelt. Oft bedarf es sogar dieser Mittel nicht und schon die Einwirkung der Chlorzinkjodlösung gewährt einen klaren Einblick in diese Verhältnisse.

Porencanäle trifft man in den Cuticularschichten seltener, als in den Verdickungsschichten der übrigen Zellenarten. Sehr schön entwickelt finden sich dieselben indessen in den Oberhautzellen der Fiederblättchen von Cycas revoluta, der Nadeln von Pinus silvestris, Abies excelsa, sowie in den jungen Trieben von Rosa canina (Fig. XLVII., II, III. u. V. und Fig. XLVIII., I.). Nur bei Pinus und Abies fand ich jedoch die Porencanäle bis zur primären Zellstoffhülle vordringend (Fig. XLVIII., I.), während sie bei Cycas sowohl als bei Rosa nur die mittelst Chlorzinkjodlösung sich langsam violett färbenden tertiären und jüngsten secundären

Verdickungsschichten durchsetzen und an der scharf abgesonderten, ältesten secundären Verdickungsschicht endigen (Fig. XLVII., II., III. u. V.).

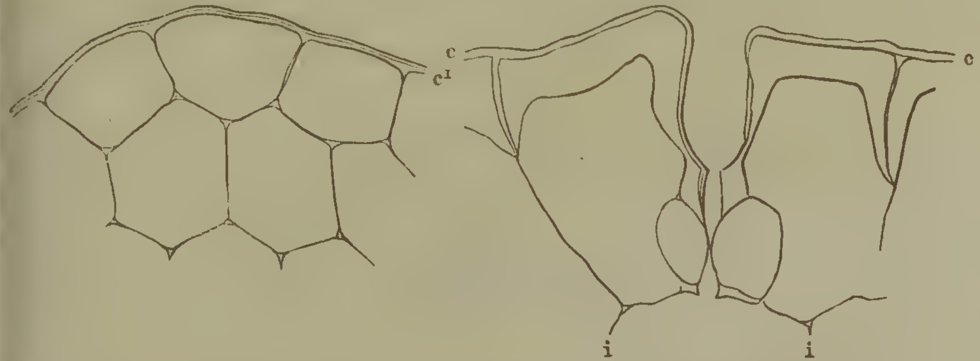
Präparations- und Beobachtungsweise für Cuticularschichten und Cuticula. — Um sich über die Structur der Cuticularschichten und die eigentliche Cuticula der Oberhautzellen den nöthigen Aufschluss zu verschaffen, sind vorzugsweise höchst zarte, vollständig senkrecht geführte Querschnitte durch die grünen Stengeltheile sowie durch die Blätter der betreffenden Pflanzen geeignet, und wird man die letzteren am besten zwischen Hollundermark oder Kork anfertigen. Ein bestimmtes Maass der Dicke lässt sich hier natürlich ebensowenig feststellen, wie bei anderen Präparaten. Einen gewissen Anhaltepunkt giebt aber das optische Verhalten des frischen Schnittes, indem man letzteren als hinreichend dünn betrachten kann, wenn auch die stärker cuticularisirten Zellstoffschichten fast oder ganz farblos erscheinen. Wo diese noch eine bemerkbare gelbliche oder grünliche Färbung zeigen, da besitzt der Schnitt die erforderliche Zartheit noch nicht. Längsschnitte durch dieselben Theile werden zwar in der Regel nichts Neues bringen, können dagegen die mittelst der Querschnitte gewonnenen Ansichten vervollständigen.

Hat man sich an solchen geeigneten Präparaten die erste Ein- und Uebersicht verschafft, so muss nun unbedingt eine Behandlung mittelst chemischer Reagentien folgen, weil man nur hierdurch über die verschiedenen Arten, das Fortschreiten und die Gleichartigkeit oder Ungleichartigkeit der Metamorphose ein klares Bild gewinnt und mit Sicherheit erfährt, in welcher Beziehung die eigentliche, immer nur in geringer Mächtigkeit entwickelte, niemals sehr bedeutend verdickte Cuticula zu der primären Zellstoffhülle steht. Gerade hierfür aber dürfen nur die zartesten Schnitte oder die dünnsten Stellen nicht ganz gleichmässiger Schnitte (die natürlich immer schwer zu erhalten sind und deren man auch gar nicht unbedingt bedarf) verwendet werden, weil sonst leicht dem wahren Sachverhalt nicht völlig entsprechende Ansichten zu Tage kommen.

Zunächst wird man das Verhalten gegen Chlorzinkjodlösung oder gegen Jod und Schwefelsäure und zwar bei kurzer sowohl als bei längerer, bis 1 oder 2 Tage währender Dauer der Einwirkung zu studiren haben. Dann lässt man concentrirte Schwefelsäure einwirken, worauf in der Regel die vorher nicht erkennbare oder undeutliche Schichtung deutlich hervortritt. Aetzkali wirkt kalt in ähnlicher Weise und bringt durch ein ziemlich starkes Aufquellen die verschiedenen Partieen der Cuticularschichten zur Anschauung. Kocht man Querschnitte kürzere oder längere Zeit (1 bis 5 Minuten) in dem letztgenannten Reagens, so wird zuerst die eigentliche Cuticula, dann von Aussen nach Innen vordringend die Intercellularsubstanz gelöst und die Oberhautzellen trennen sich (Fig. XXXIV., II. u. Fig. XXXV., I., II. u. III.). In den Cuticularschichten wird der Korkstoff gleichfalls mehr oder weniger vollständig gelöst.

Die so vorbereiteten Präparate mit Chlorzinkjodlösung oder mit Jod und Schwefelsäure behandelt geben dann oft erwünschten Aufschluss darüber, bis zu welchem Grade die Verkorkung in den einzelnen Schichtenpartieen, oder in der primären und secundären Zellstoffhülle vorgeschritten war, indem hiernach der Widerstand, welcher der Einwirkung des Aetzkalis geleistet wird, verschieden ist (Fig. XXXIV., III. und XXXV., IV.).

Die Darstellung der Cuticula für sich, d. h. getrennt von den Verdickungsschichten und etwa im Zusammenhang mit der Intercellularsubstanz, gelingt nur bei denjenigen Pflanzen in genügender Weise, deren secundäre Verdickungsschichten keine Verkorkung erlitten haben. Ein vorzügliches Material für derartige Präparate liefern die Blätter der Lebermoose, bei denen, da sie nur aus einer Zellenschicht bestehen, von einer Oberhaut allerdings nicht die Rede sein kann, deren Randzellen sich aber ähnlich verhalten, wie die Oberhautzellen der höheren Gewächse. Vorsichtige Anwendung von concentrirter Schwefelsäure führt hier oft schon zum Ziele, indem die Zellstoffschichten sämmtlich aufgelöst werden, während die Cuticula im Zusammenhange mit der Intercellularsubstanz als höchst zartes Netzwerk zurückbleibt (Fig. 80, I.). Bei denjeni-



I. Cuticula und Netzwerk der Intercellularsubstanz von Plachiogila asplenoides. II. Querschnitt durch eine Spaltöffnung von Gasteria verrucosa nach der Behandlung mit dem Schultz'schen Macerationsgemische und concentrirter Schwefelsäure. *c* Cuticula, c^{I} Cuticularschichten, *ii* Intercellularsubstanz. Vergr. 1 : 600.

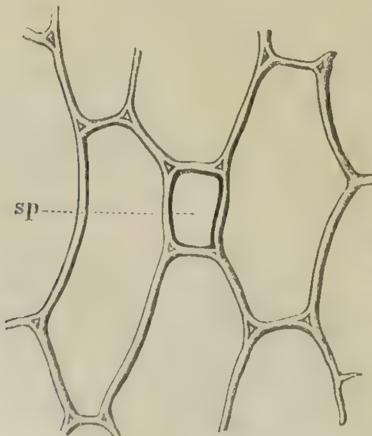
gen Pflanzen, wo die Zellstoffhüllen der Oberhautzellen zwar alle oder theilweise verholzen, aber nicht alle vollständig verkorken (Monokotyledonen, Cycadeen, Farn), da lässt man der Anwendung der Schwefelsäure die Behandlung mit dem Schulz'schen Mazerationsgemisch vorhergehen, indem man die betreffenden Präparate kurze Zeit damit erwärmt, so dass noch kein Zerfallen des Gewebes eintritt. Man erhält dann Präparate, in denen die Cuticula allein oder diese und die völlig cuticularisirten Zellhüllschichten zurückgeblieben sind (Cycas, Gasteria etc., Fig. 80, II.). Den richtigen Zeitpunkt zu treffen, in welchem man diese Operation zu unterbrechen hat, ist Sache der Uebung, und es verlangt die ganze Operation die nöthige Geduld.

Entstehung der Cuticula und Cuticularschichten. — Die Entwickelung der Cuticula, über die wir schon weiter oben gesprochen, lässt sich am besten bei den Blättern der Lebermoose, und zwar der beblätterten Jungermanniceen studiren. In den jüngeren Theilen zunächst der Basis der in der Entwickelung begriffenen Blättchen erscheint die Cuticula als ein zartes, wasserhelles Häutchen, welches nach der Anwendung von Chlorzinkjodlösung durchaus keine Reaction auf Zellstoff zeigt, während die innerhalb gelegene Zellstoffhülle sich blau färbt. Weiter nach der Spitze hin, also in den älteren Theilen, reagirt das äussere Häutchen dagegen mit brauner Farbe, hat also die Cuticularmetamorphose schon erlitten. Ganz ähnliche Entwickelungszustände kann man an den jungen Blättern der Zwiebelgewächse und anderer Liliaceen (Allium, Iris, Hiacynthus, Veltheimia etc.) beobachten (siehe Fig. XXXVI. nebst Erklärung), und hat man dabei von den allerjüngsten noch in der Zwiebel eingeschlossenen Blättchen auszugehen. Schwieriger als bei den genannten Pflanzen ist die Entwickelungsgeschichte der Cuticula bei den übrigen Gewächsen zu studiren, weil die Umwandlung der äussersten und ersten Hüllschicht schon sehr früh eintritt. Dagegen eignen sich dieselben vortrefflich für das Studium des Cuticularisirungsprocesses, den man mit Geduld und Aufmerksamkeit häufig Schritt um Schritt verfolgen kann.

Spaltöffnungen.

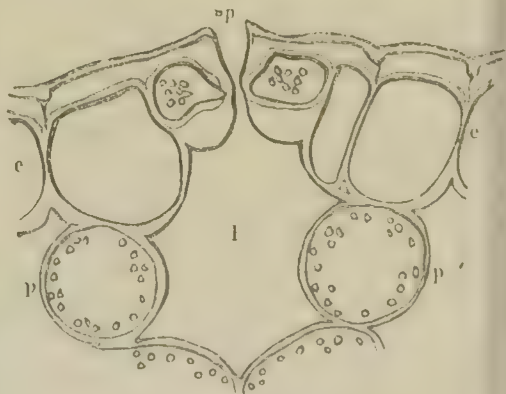
Die Spaltöffnungen der höheren Gewächse, welche nur bei den an der Luft wachsenden Pflanzen und nur auf den Blättern oder auf der grünen Rinde des Stengels vorkommen, liegen in oder unter einer Lücke der Oberhautzellen (Fig. 81, *sp*), welche in verschiedenen Pflanzen eine verschiedene Form annimmt, in der Regel aber vier-

Fig. 81.



Kleines Stück eines Flächenschnittes durch die Oberhaut von Arthropodium cirrhatum, bei dem die Spaltöffnungszellen und die untere Hälfte der Oberhautzellen weggeschnitten war. *sp* Lücke unter der die Spaltöffnung liegt. Vergr. 1 : 370.

Fig. 82.



Querschnitt durch eine Spaltöffnung von Helleborus viridis. *sp* Spaltöffnungszellen, *e* Epidermis, *l* Luftlücke, *p* Blattrinde.

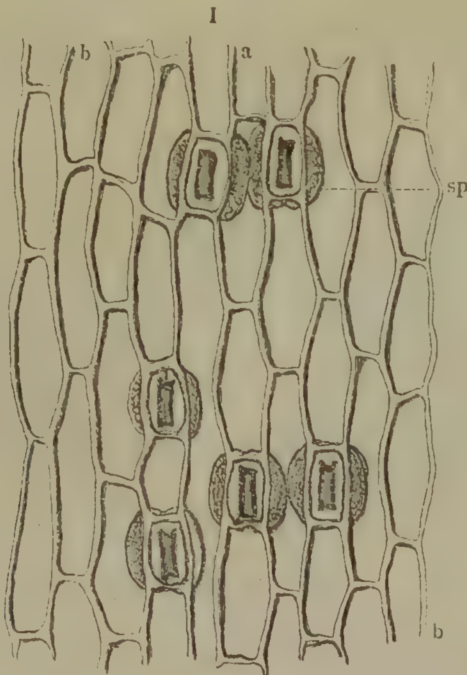
seitig (Iris Geodiolus, Allium etc.) oder rundlich (Pteris, Fuchsia, Fagus, Cycas etc.) ist. Sie werden von zwei meist halbmondförmigen, mit von Chlorophyll überzogenem Stärkemehl erfüllten Zellen, den sogenannten Schliess- oder Porenzellen, gebildet (Fig. 82 und 83, I. — III.), welche eine Oeffnung zwischen sich lassen, die in eine mehr oder minder grosse Luftlücke (die Athmenhöhle) des Stengel- oder Blattrindenparenchyms mündet. Bei den niederen Gewächsen (Marchantia, Fegatella) fehlen die beiden Schliess- oder Porenzellen, und die Spaltöffnung stellt eine blosse Lücke in der Oberhaut dar, welche sich in einer Luftlücke des unter ihr liegenden Parenchyms öffnet.

Man hat bei den Spaltöffnungen der Blattorgane vorzugsweise auf ihre Stellung, auf ihre Vertheilung über die Epidermis und endlich auf ihre Lage zu den übrigen Oberhautzellen zu achten.

Stellung. Diese kann sich auf Ober- und Unterseite erstrecken, ist in den meisten Fällen aber auf die Unterseite der Luftblätter oder auf die Oberseite der schwimmenden Blätter beschränkt.

Vertheilung über die Epidermis. — In dieser Beziehung beobachtet man vorzugsweise folgende Verschiedenheiten: 1. Es stehen die Spaltöffnungen in Reihen (Abies, Pinus, Phormium tenax, Fig. 83, I.),

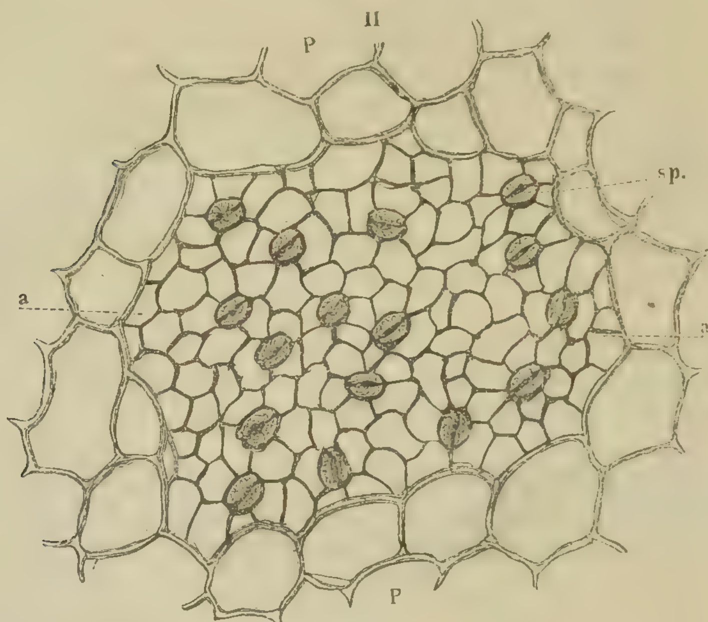
Fig. 83.

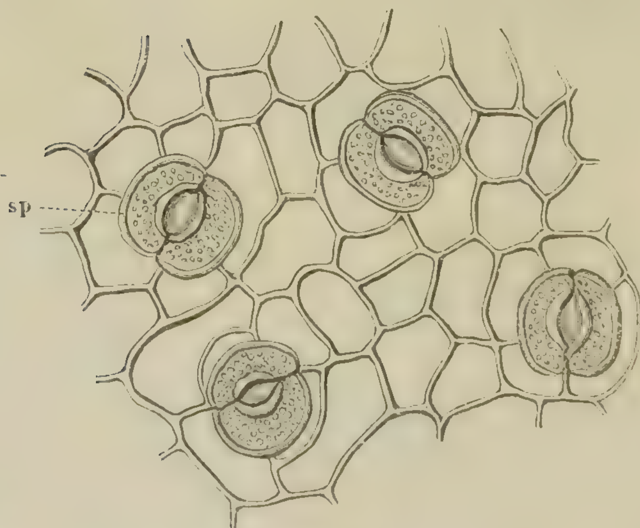


Anordnung der Spaltöffnungen. I. Flächenschnitt durch die Oberhaut der Unterseite des Blattes von Phormium tenax. *aa* die Spaltöffnungen führenden, *bb* die spaltöffnungsfreien Zellenreihen. Vergr. 1 : 370.

2. in mehr oder minder regelmässigen Gruppen (Nerium, Saxifraya sarmentosa, Begonia etc., Fig. 83, II.), oder 3. unregelmässig über die Fläche zerstreut (Fig. 83, III.).

Fig. 83.

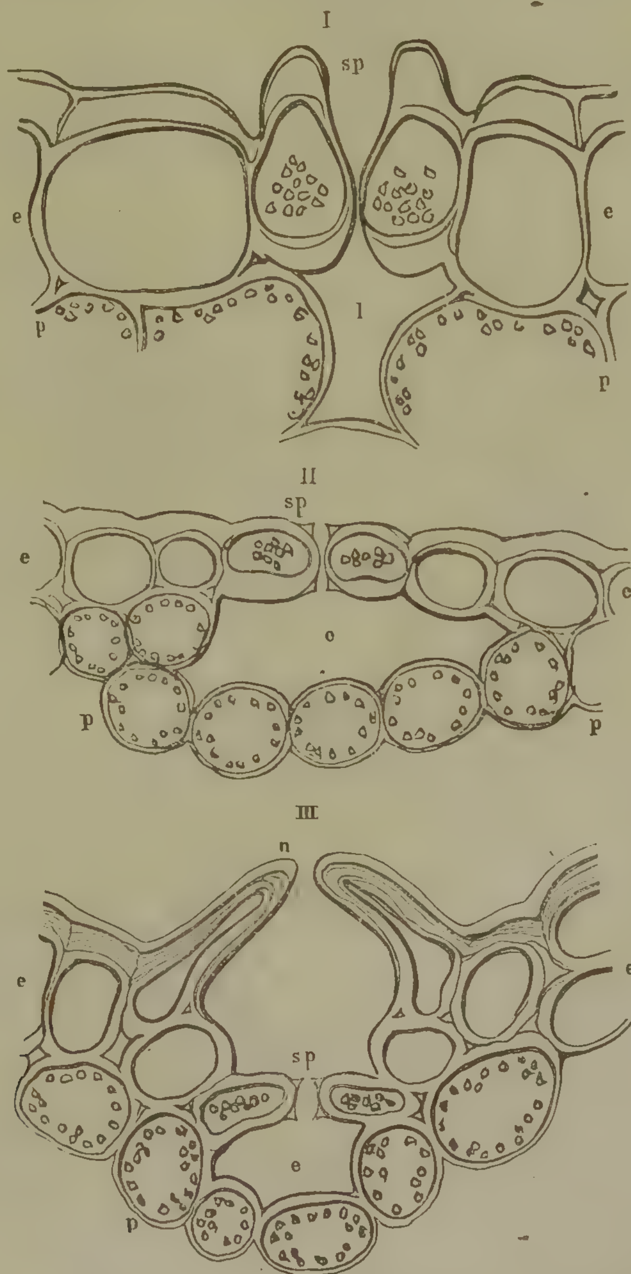




Anordnung der Spaltöffnungen. II. Flächenschnitt durch die Oberhaut der Unterseite des Blattes von Saxifraga sarmentosa. *aa* Gruppe des zartwandigen, kleinzelligen Gewebes, in welchem die Spaltöffnungsgruppen liegen. *PP* spaltöffnungsloses grosszelliges Oberhautgewebe. Vergr. 1 : 180. — III. Aehnliches Präparat von Evonymus japonicus von der unteren Seite gesehen. Vergr. 1 : 370. *sp* die Spaltöffnungen.

Lage der Spaltöffnungen. — Auch in dieser Beziehung treten bei Gewächsen verschiedener Familien oder Gattungen mannigfache Verschiedenheiten hervor. Ueber die Oberhautzellen hervorragend, trifft

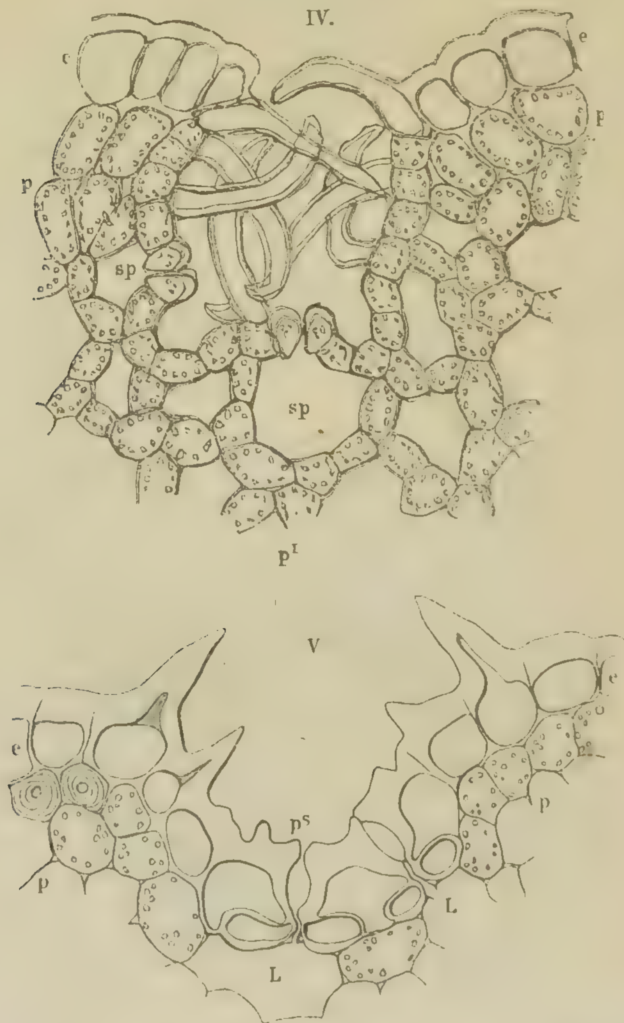
Fig. 84.



Lage der Spaltöffnungen. I. Querschnitt durch die Oberhaut der Unterseite des Blattes von Pleurothallus sp. *sp* Spaltöffnung, *e* Epidermiszellen, *p* Blattparenchym, Luftlücke. — II. Querschnitt wie oben, von Polypodium vulgare. — III. Aehnliches Präparat von Cycas revoluta. *w* wellartige Erhebung der Oberhaut. Vergr. 1 : 400.

man die Spaltöffnungen bei den Blättern von einzelnen Arten aus der Familie der Proteaceen, der tropischen Orchideen, von Crinum capense u. s. w. Fig. 84, I. Mit den Epidermiszellen in gleicher Linie stehend erscheinen sie bei den Farnkräutern, bei Tradescantia, Fuchsia und bei den meisten Pflanzen mit zarter Oberhaut (Fig. 84, II. u. 82, S. 176). Den Oberhautzellen mit schief gestellten Wandungen anliegend, daher mehr oder minder unter die Ebene der Epidermis hinabgerückt, treten die Spaltöffnungen bei Viscum, Iris, Allium, Gladiolus, Aloe, Gasteria, Aspaagus etc. (Fig. XXXIV. u. XXXV.) hervor, während sie bei Cycas, Urostigma elasti-

Fig. 84.



Lage der Spaltöffnungen. IV. Querschnitt durch die Unterseite der Oberhaut von Nerium Oleander mit in den von Haaren ausgekleideten Grube liegenden Spaltöffnungen. p' schwammförmiges Parenchym unterhalb der letzteren. — V. Gleiches Präparat aus dem Blatte von Dasilyrion spec. Die Bezeichnung aller Figuren wie bei I. Vergr. 1 : 400.

carum, Hakea etc. noch tiefer, gleichsam unter der Oberhaut versteckt liegen (Fig. 84, III.). In letzteren Fällen erheben sich häufig die die Oberhautlücke bildenden, stark verdickten Epidermiszellen mehr oder weniger, so dass diese wie von einem Walle umgeben werden. Zu mehreren, in eigenthümliche, mit Haaren oder stachelartigen Fortsätzen der Oberhautzellen, ausgekleideten Gruben versenkt, begegnet man den Spaltöffnungen bei Nerium, Banksia, Dasylirion (Fig. 84, IV. u. V.).

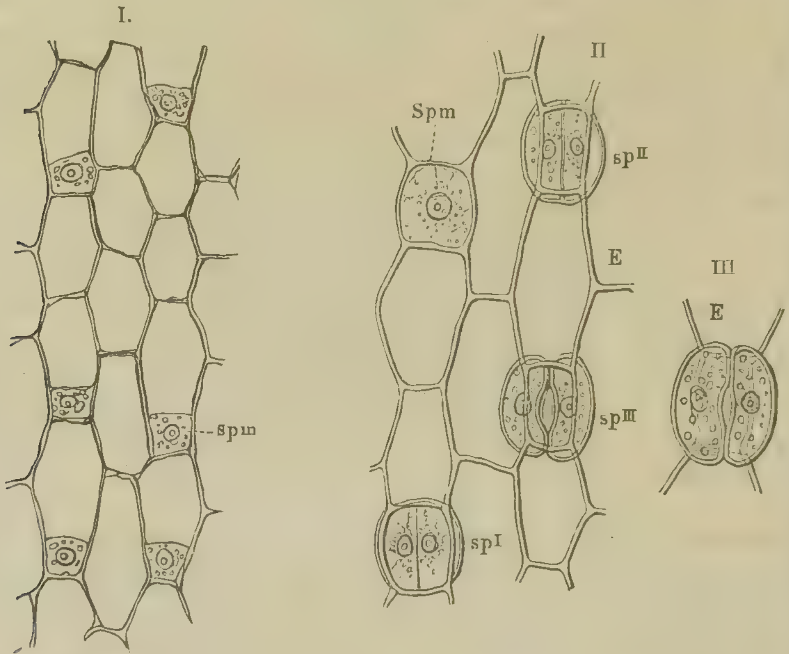
Die Schliesszellen der Spaltöffnungen verholzen nicht, dagegen setzt sich die Cuticula, welche die Oberhautzellen bekleidet, auch über deren freie Seiten fort, wovon man sich durch die Behandlung des Querschnittes mittelst der entsprechenden Reagentien leicht überzeugt. Die ersteren färben sich nämlich schon nach der Anwendung von Chlorzinkjod oder Jod und Schwefelsäure durch alle Schichten violett oder blau, während die Cuticula eine höchst zarte, gelbe oder braune Schicht bildet, welche die freie Aussenseite der beiden Zellen überzieht.

Zur Untersuchung der Spaltöffnungen und der dabei in Betracht kommenden Verhältnisse bedarf es zarter Quer-, Längs- und Flächenschnitte. Die letzteren, welche man leicht durch das Abziehen der Epidermis oder durch einen zarten Flächenschnitt gewinnt, lässt man zur allgemeinen Orientirung und zur Bestimmung der Richtung, in welcher der Querschnitt zu führen ist, vorausgehen. Der letztere wird in der erforderlichen Zartheit erlangt, wenn man das ganze Blatt oder, bei dickeren Blättern, die abgezogene Oberhaut zwischen Hollundermark oder Kork einklemmt.

Entstehung der Spaltöffnungen. — Die Entstehung der Spaltöffnungen verfolgt man am leichtesten bei den Monokotyledonen, namentlich bei den Zwiebelgewächsen (Allium, Iris, Glodiolus, Hyacinthus etc.) und ähnlichen Pflanzengruppen, bei denen die Blattanlagen und unteren Blatttheile lange in den Blattscheiden eingeschlossen bleiben (Arthropodium etc.). Man geht dabei von den jüngsten noch in den Zwiebel- oder Blattscheiden steckenden, ungefärbten Blatttheilen oder von ganz jungen Blattanlagen aus und steigt dann bei ersteren weiter nach der Spitze hinauf oder geht bei letzteren nach und nach zu den nächst älteren Blättchen über. Zarte Flächenschnitte oder abgezogene Theile der Oberhaut gewähren hier für einzelne Verhältnisse, so z. B. für das Hervorgehen der Mutterzellen aus gewöhnlichen Oberhautzellen durch meist ungleichwerthige Zweitheilung dieser (Fig. 85, I.), für die Entstehung der Schliesszellen (Fig. 85, II. *a* bis *c*, a. f. S.) durch Theilung, der Mutterzellen in bestimmter oder variirender Richtung und für deren allmälige Ausbildung, ganz passende, leicht zu behandelnde und völlig ausreichende Präparate. Dagegen reichen diese keineswegs aus, um alle Fragen, namentlich auch die zu erledigen, ob die Spaltöffnungszellen aus Zellen der Oberhaut, oder aus der unter dieser liegenden Parenchymschicht angehörigen Zellen hervorgehen. Hierzu bedarf es reiner, nicht gequetschter,

wenn auch nicht gerade äusserst feiner Querschnitte durch die oben genannten Pflanzentheile, deren Anfertigung allerdings nicht geringe Schwierigkeiten bietet. Ein äusserst scharfes Messer mit dünner, hohlgeschliffener Klinge, sowie rasche aber sichere Führung des Schnittes lassen indessen sicher zum Ziele gelangen. Wenigstens wird man unter einer grösseren Anzahl immer einzelne Schnitte oder kleinere oder grössere Partieen eines oder des anderen Schnittes finden, welche die erforderlichen Eigenschaften besitzen. Ohne grosse Schwierigkeit wird man

Fig. 85.



I. bis III. Flächenschnitte aus der Oberhaut von Arthropodium cirrhatum. I. *spm* eben entstandene Mutterzellen der Spaltöffnungen. — II. Verschiedene Entwickelungszustände der Spaltöffnungen, *spm* fertige Mutterzelle, spm^{I} bis spm^{III} aufeinanderfolgende Theilungszustände. — III. Fertige Spaltöffnung von unten gesehen.

sich an solchen gelungenen Schnitten überzeugen, wie die beiden Porenzellen aus einer einzigen, fast viereckigen bis rundlichen, in der Epidermis gelegenen Zelle durch Theilung hervorgehen und wie die Lücke der Oberhaut bei den vertieft gelegenen Spaltöffnungen einer Senkung der Schliesszellen, oder einer Erhebung entweder der ganzen Oberhautzellen oder ihres oberen Theiles über die letzteren ihr Entstehen verdankt (Fig. 86, I, bis IV.). Die beiden Porenzellen liegen anfänglich mit graden Wänden aneinander (Fig. 85, II. und 86, II.). Sobald aber deren Mutterzelle resorbirt wird, was schon früh geschicht, entsteht durch ein allmäliges Auseinanderweichen des mittleren Theiles ihrer Berührungsflächen eine spaltförmige Oeffnung zwischen ihnen, wodurch sie ihre eigenthümliche,

mehr oder minder ausgesprochene halbmondförmige Gestalt erhalten (Fig. 85, II. sp''' bis III. sammt der Erklärung).

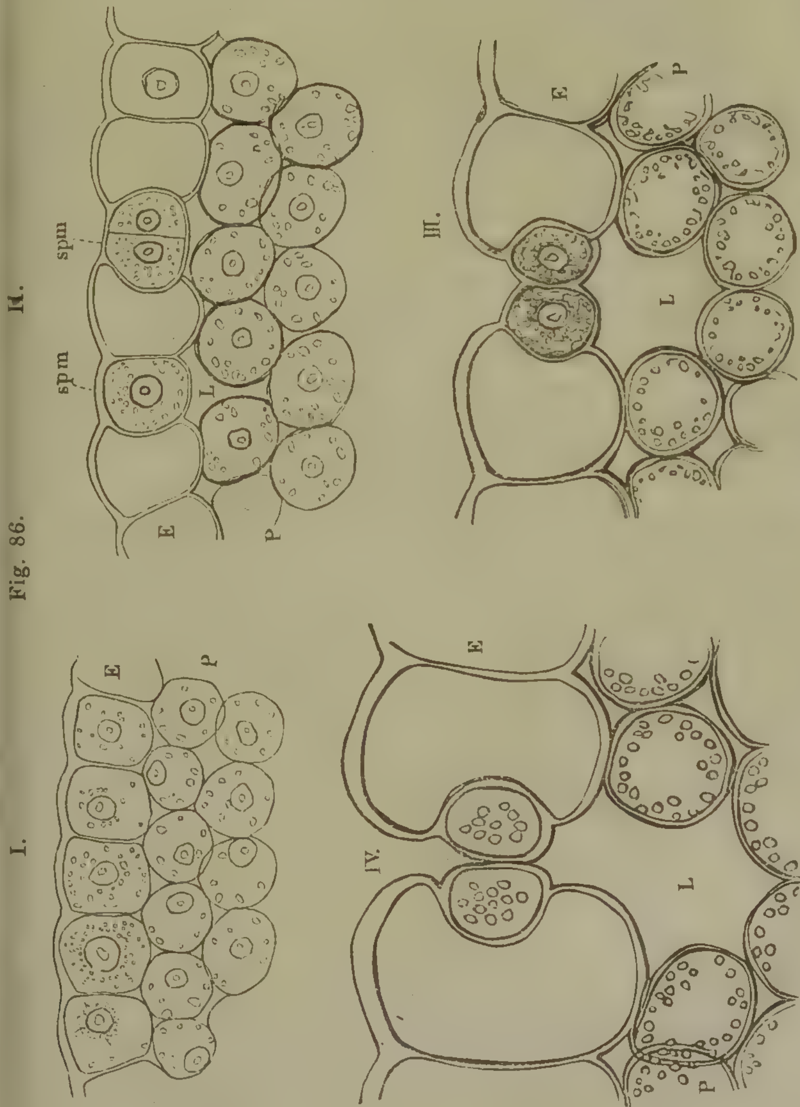


Fig. 86. Querschnitt durch die Unterseite des Blattes von Arthropodium cirrhatum. I. Ganz junge Blattanlage. — II. Aelteres Blättchen, in welchem die Mutterzellen der Spaltöffnungszellen *spm* schon differenzirt und theilweise in Theilung begriffen waren. — III. Aelterer Zustand mit beginnender Einsenkung der Spaltöffnung. — IV. Fertige Spaltöffnung. Vergr. 1 : 370.

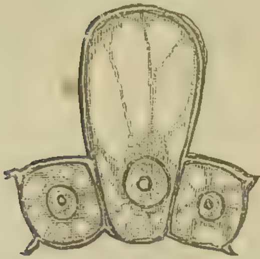
Nebenorgane der Oberhaut.

Mit der Untersuchung des Oberhautgewebes ist zunächst noch die Untersuchung ihrer sogenannten Neben- oder Anhangsorgane zu verbinden. Diese nehmen ihren Ursprung sämmtlich unmittelbar in der Oberhaut, und bilden entweder nur nach auswärts gehende Verlängerungen

einzelner Oberhautzellen, wie die Papillen und die einzelligen Haare, oder sie gehen aus letzteren durch Neubildung der sie constituirenden Zellen, d. h. durch wiederholte Zelltheilungen hervor, wie die mehrzelligen Haare die Drüsenhaare, Schuppen und Stacheln.

Nur bei einzelnen Begonien (z. B. Begonia Saudersonii der Gärtner), habe ich scheinbar der Oberhaut angehörige mit einem dunkelbraunrothen Safte erfüllte, geknöpfte Haare gefunden, welche ihren Ursprung in dem Blattgrün führenden Markgewebe des Blattes nehmen und von hieraus durch die mit farblosem, wässerigem Inhalte erfüllten Zellschichten hindurchwachsen.

Fig. 87.

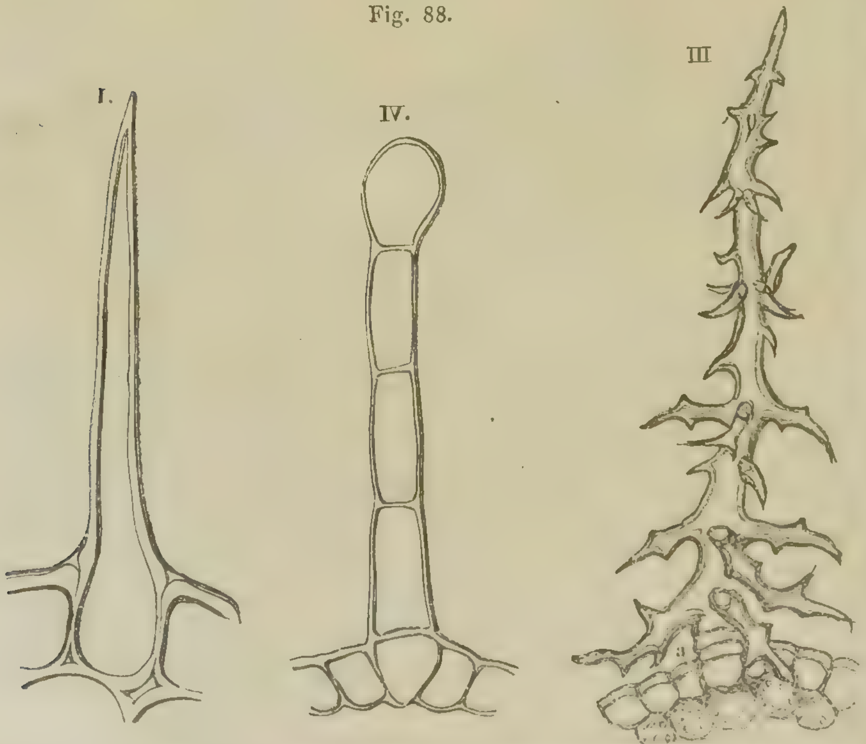


Papille aus der jugendlichen Narbe von Lilium bubiferum. Vergr. 1 : 660.

Im jugendlichen Alter zeigen die Zellen dieser Organe, namentlich aber der Papillen, Haare und Brennhaare, eine lebhafte Binnenströmung des Protoplasmas, welche jedoch erlischt, sobald der betreffende Theil der Oberhaut seine Lebensfähigkeit verloren hat.

Die Papillen sind einfache der Oberhaut angehörige Zellen, welche

Fig. 88.



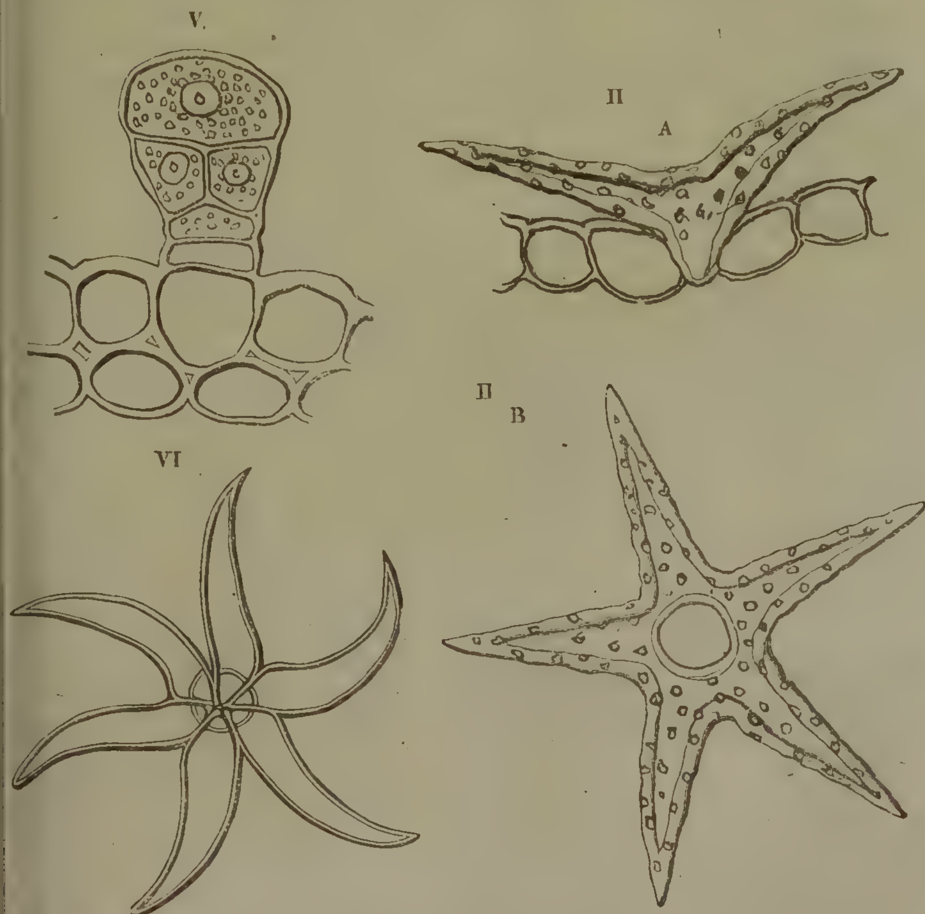
Verschiedene Haarformen. I. Einfaches Haar des Blattes von Pelargonium. — III. Vielfach verzweigtes Haar der Alternanthera brasiliensis von zartwandigen Stielzellen getragen. — IV. Zusammengesetztes geknöpftes Haar des Stengels von Geranium pratense. Vergr. von I., III. u. IV. 1 : 250.

sich nur wenig über letztere erheben (Fig. 87). Man findet dieselben vorzugsweise auf den sammtartigen Glanz zeigenden Blumenblättern, dann auf den Epithelien der Narbe und des Staubwegcanales.

Die Haare (Fig. 88) erheben sich weit bedeutender über die Fläche der Oberhaut. Sie werden theils als einfache Haare (Fig. 88, I. u. II.) von einer einzigen Zelle der Oberhaut gebildet, die entweder unverästelt bleibt und dabei verschiedene Formen annehmen kann oder sich verschiedentlich verzweigt, so dass die verästelten und sternförmigen Haare (Fig. 88, II. u. III.) entstehen, theils bestehen sie aus ein- oder mehrfachen Zellenreihen und bilden die zusammengesetzten Haare, welche entweder einfache Zellenreihen (Fig. 88, IV.) oder sternförmig, oder anderartig geordnete Zellengruppen, Zellencylinder u. s. w. (Fig. 88, V. u. VI.) vorstellen.

Erstere sowohl wie letztere können an ihrer Spitze eine kugelige

Fig. 88.



Verschiedene Haarformen. II. Sternhaar der Deutzia scabra, *A* im Querschnitt, *B* von oben gesehen. — V. Zusammengesetztes Haar (Drüsenhaar) des Blattstieles von Lamium purpureum. — VI. Zusammengesetztes sternförmiges Haar des Blattes von Malva moschata. Vergr. von II. u. VI. 1 : 250; von V. 1 : 370.

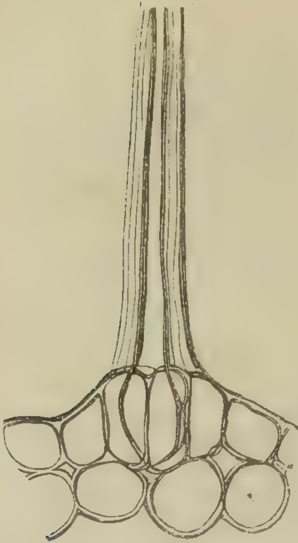
meist mit einem eigenthümlichen gefärbten Inhalte erfüllte Zelle oder einen ähnlich gestellten Zellencomplex tragen, wodurch sie zu den geknöpften Haaren oder sogenannten Drüsenhaaren werden (Fig. 88, V.). (Viele Labiaten, Solaneen, Chenopodiaceen etc.)

Die Borsten unterscheiden sich von den einfachen Haaren nur dadurch, dass ihre Zellstoffhülle stärker, oft eigenthümlich warzig verdickt und verholzt, hier und da auch geschichtet erscheint (Borrago, Echium, Onosma etc.), während in der Regel die Oberhaut sich an deren Grunde etwas erhebt und denselben wallartig umgiebt (Fig 89).

Aehnliche Verhältnisse zeigen sich bei den Brennhaaren der Urticeen, Loaseen etc. Hier ist die meist säulenförmige Erhebung immer bedeutender, als dort und umschliesst den kugeligen, zartwandigen Basaltheil des Haares, dessen hervorragender Theil stärker verdickt und dessen Spitze mit einem eine Stachelspitze tragenden Knöpfchen versehen ist (Fig. 90).

Die Schuppen (Fig. 91) bilden in horizontaler Fläche aus-

Fig. 89.



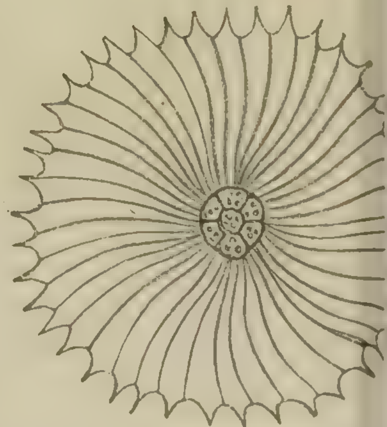
Unterer Theil einer Borste des Blattes von Onosma echioides. Vergr. 1 : 250.

Fig. 90.



Brennhaar von Urtica dioica. Vergr. 1 : 75.

Fig. 91.



Schuppe des Blattes von Eleagnus. Ve[rgr.] 1 : 125.

Fig. 92.



Stachel des Stengels von Humulus lupulus. Vergr. 1 : 75.

gebreitete, von einer bis mehreren Stielzellen getragene Anhängsel der Oberhaut, die in der Regel (Bromeliaceen, Eleagneen) mehrzellig, hier und da aber auch einzellig sind.

Die Stacheln endlich bestehen aus einem Complexe etwas gestreckter, häufig verholzter Oberhautzellen, welcher an seiner Spitze in eine einzige, stärker verdickte, meist gekrümmte, scharf zugespitzte Zelle ausgeht (Fig. 92).

II. Ungleichartige oder zusammengesetzte Gewebe.

Die ungleichartigen Gewebe beschränken sich einzig und allein auf das Gefässbündel. Sie treten daher nur bei jenen Gewächsen auf, bei denen sich bestimmte Achsenorgane unterscheiden lassen, während sie allen Lagerpflanzen abgehen.

An der Zusammensetzung des Gefassbündels nehmen, wenn es vollständig ausgebildet ist, alle drei in dem vorhergehenden Abschnitte beschriebenen Zellenarten Theil. Es müssen diese jedoch nicht immer sämmtlich vertreten erscheinen. Bei den Moosen z. B., wo das Gefässbündel zuerst und in seiner grössten Einfachheit auftritt, besteht dasselbe nur aus einem Ringe von gestreckten, den Bastgefässzellen analogen, protoplasmatischen Inhalt führenden Zellen.

Die sämmtlichen Elemente des Gefässbündels treten in ihrer Vollzahl und in um so mehr erkennbarer und scharf unterscheidbarer Weise auf, je höher wir in der Gewächsreihe aufsteigen, obgleich auch hier in einzelnen, dann besonders zu beachtenden Fällen ein oder das andere Element fehlen kann.

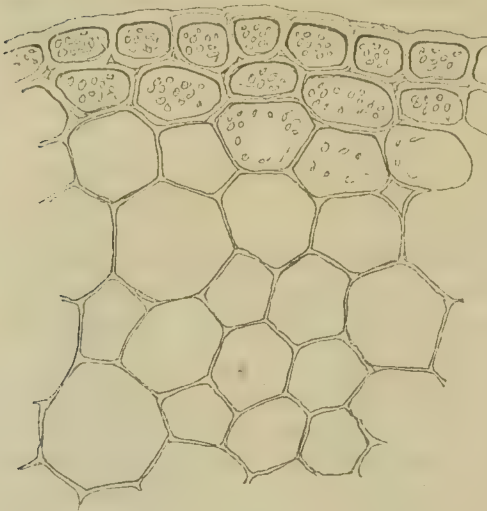
Das Gefässbündel geht ebenso wie alle übrigen Gewebe aus dem Urgewebe des Vegetationskegels hervor. Auf seiner ersten Entwickelungsstufe besteht es nur aus einer einzigen Zellenart, aus Cambiumzellen, welche in ihrer Gestalt dem langgestreckten Parenchym mehr oder minder ähneln. Erst im weiteren Entwickelungsgange beginnen und vollenden diese gleichartigen Elementartheile ihre verschiedenartige Aus- und Umbildung zu den in dem früheren Abschnitte näher charakterisirten Zellenarten, und es treten jene Unterschiede in den Gefässbündeln der grösseren Pflanzenabtheilungen auf, welche deren eigenthümlichen Typus bedingen.

1. Das Gefässbündel der Moose.

Bei den beiden der in der Ueberschrift genannten Pflanzengruppe angehörigen Pflanzenclassen Leber- und Laubmoose tritt das — noch nicht durch alle Gattungen verbreitete — Gefässbündel in seiner allereinfachsten Gestalt auf, indem es lediglich aus langgestreckten Zellen besteht.

Unter den Lebermoosen sind es namentlich die Marchantiaceen, sowie die laubartigen Jungermannien, bei denen dasselbe in Form von langgestreckten prismatischen Zellen als centraler Strang des Mittelnerven gleichsam angedeutet erscheint. Bei den übrigen Lebermoosen, namentlich auch bei den beblätterten Jungermannien, habe ich, soweit meine Beobachtungen reichen, nirgends ein Gefässbündel oder eine bestimmtere Andeutung desselben aufgefunden. Der Stengel besteht im Innern aus langgestrecktem Parenchym, das nach Aussen von wenigen Lagen stärker verdickter gleichartiger Zellen abgeschlossen wird, welche den diesen Gewächsen eigenen Rindenkörper bilden (Fig. 93).

Fig. 93.

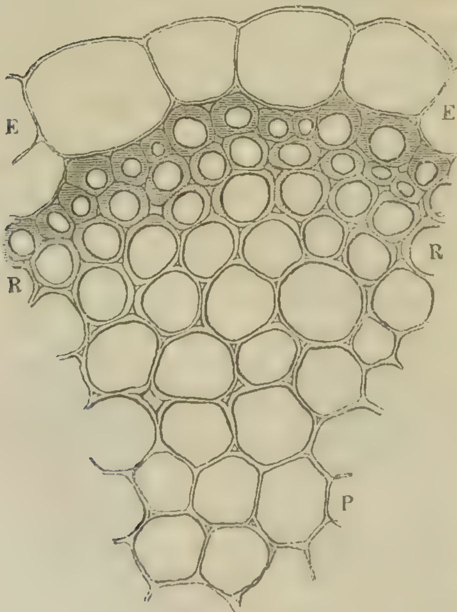


Theil eines Querschnittes durch den Stengel von Plagiochila asplenioides. Vergr. 1 : 280.

Eine weit grössere Verbreitung und höhere Ausbildung zeigt das Gefässbündel in der Classe der Laubmoose, obgleich es auch hier noch nicht überall auftritt.

In der Familie der Sphagneen fehlt das Gefässbündel noch völlig. Zwar haben einige Forscher (Schleiden, Schacht, Schimper) auch hier ein Gefässbündel angenommen, allein das, was man dafür gehalten, gehört, wie ein Vergleich mit dem Baue der übrigen Moose lehrt, nicht hierher. Es findet sich nämlich dicht unter der nur hier entwickelten Aussenrinde, (Fig. 94, *E*), deren Zellen eine fast gleiche Structur zeigen wie die Spiralfaserzellen des Blattes, ein Ring von stark verdickten, parenchymatösen faserähnlichen Zellen (*R*), welchen ein centrales, zartwandiges, parenchymatöses,

Fig. 94.



Theil eines Querschnittes durch den Stengel von Sphagnum cymbifolium. *E* Oberhautzellen, *R* verdickte gefärbte Rindenzellen, *P* Stengelparenchym. Vergr. 1 : 320.

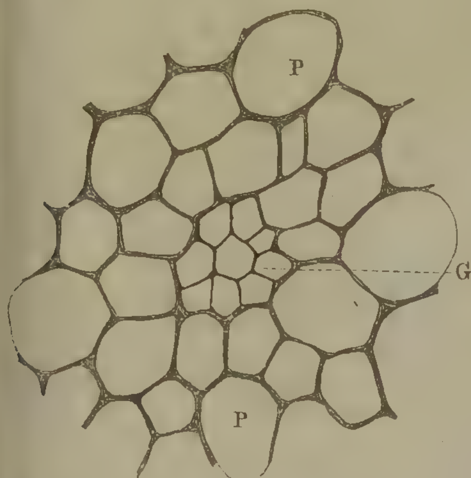
Chlorophyll, Stärke und theilweise auch Eiweisssubstanzen führendes Gewebe (*P*) einschliesst, und so zu jener Annahme verleitete. Dieser Ring, dessen Elemente im Alter luftführend erscheinen und keineswegs der Säfteleitung dienen, ist indessen keineswegs als Holzring aufzufassen, sondern er bildet einen Theil des Rindenkörpers und lässt sich füglich als Innenrinde bezeichnen.

Einen — in Bezug auf das Gefässbündel — den Sphagneen ähnlichen Bau zeigen auch einige andere Moose, welche zur Aufklärung der betrachteten Verhältnisse ein geeignetes Material bieten. Dahin gehören z. B. Fontinalis und Amblystegium. Hier fehlt das Gefässbündel ebenfalls und mit ihm die Aussenrinde der Sphagneen. Die dickwandigen parenchymatösen Zellen bilden hier allein den Rindenkörper, während der centrale Theil des Stengels von langgestreckten Parenchymzellen eingenommen wird, welche einen gleichen Inhalt führen, wie das entsprechende Gewebe von Sphagnum.

Diejenigen Moose, welche mit Bestimmtheit einen von dem übrigen Gewebe unterscheidbaren Cylinder eigenartig ausgebildeter Zellen, also ein Gefässbündel in seiner einfachsten Gestalt beobachten lassen, zeigen in Bezug auf dessen Bau wiederum einige Verschiedenheiten, welche indessen weniger wesentliche als formelle sind.

In seiner einfachsten Gestalt erscheint das Gefässbündel z. B. bei Dicranum scoparium, Climatium, Hypnum, Webera. Hier sind es nur einige wenige entweder derbwandigere oder zartwandigere, von dem Stengelparenchym keineswegs entschieden scharf getrennte Zellen, welche den centralen Zellenstrang bilden. Dieselben sind länger gestreckt als das übrige Stengelparenchym, besitzen horizontale, meist nach oben etwas convexe Querscheidewände und führen durch Jod sich gelb färbenden feinkörnigen Inhalt, so dass man sie unbedenklich für die Säfte leitenden Elemente ansprechen darf.

Fig. 95.



Mittlerer Theil eines Querschnittes durch den Stengel von Climatium dendroides. *G* centrales Gefässbündel, *P* braun gefärbtes Stengelparenchym. Vergr. 1 : 400.

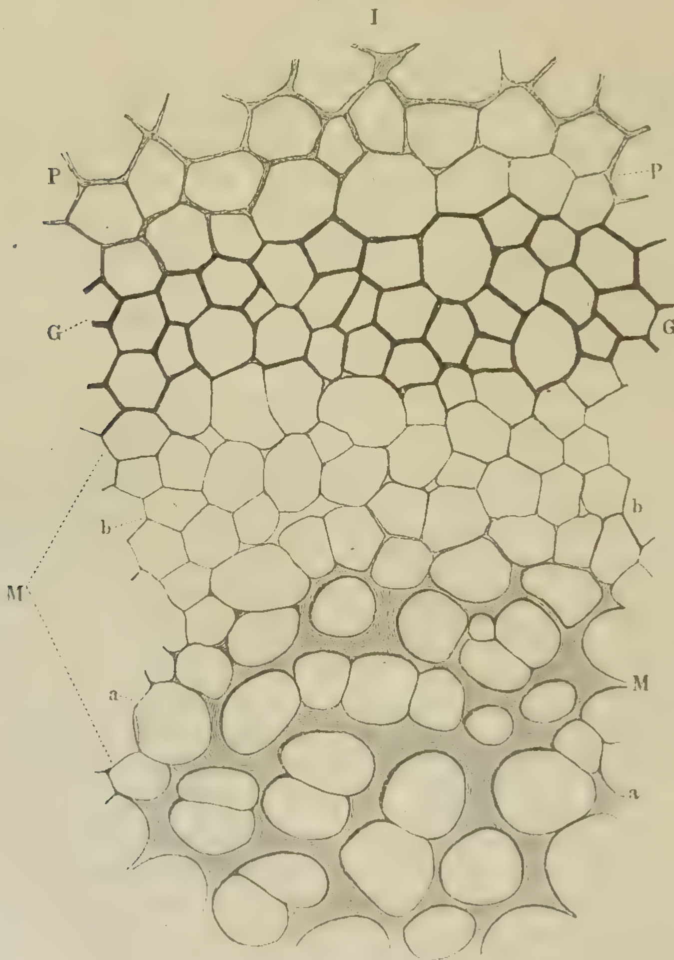
Bei Bryum nimmt dieser Gefässbündelstrang einen weit bedeutenderen Theil des Stengels in Anspruch und ist weit schärfer abgegrenzt, besteht aber immer noch aus einer einzigen Zellenart, die sich durch zarte Wandungen von den umgebenden Gewebezellen unterscheidet.

Einen etwas zusammengesetzteren Bau als bei den vorher-

gehenden Moosen habe ich bei den verschiedenen Mnium- und Polytrichum-Arten gefunden.

Bei den ersteren besteht das — wie bei der vorigen Gruppe noch centrale — Gefässbündel aus zwei verschiedenen Elementen, die sich auf dem Querschnitte schon durch die Beschaffenheit der Zellhüllen unterscheiden. Die Mitte desselben wird von einem polygonalen zartwandigen Gewebe eingenommen, während der Umfang aus einem Ringe etwas derbwandigerer gelblich oder röthlichgelb gefärbter Zellen besteht. Beobachtet man im Längsschnitt, so erscheinen beide Zellenformen weit stärker in die Länge gestreckt, als die Zellen des zwischen dem Rindenkörper und dem Gefässbündel liegenden Parenchyms. Die ersteren besitzen ähnliche Querscheidewände wie die entsprechenden Zellen der oben besprochenen

Fig. 96.

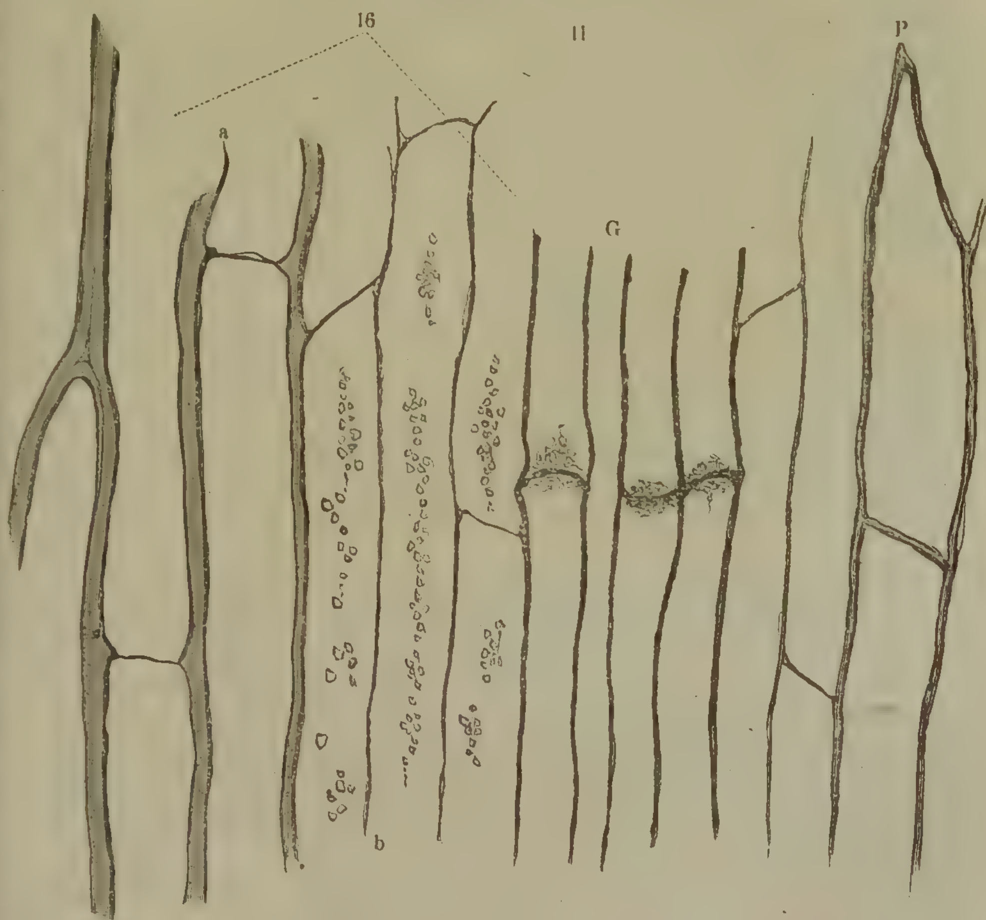


I. Querschnitt, II. Längsschnitt (a. f. S.) aus der Mitte des Stengels von Polytrichum commune. *a* unregelmässig verdickte, *b* dünnwandige Zellen des Markes *M*. *G* gestreckte dünnwandige Zellen des Gefässbündels. *P* Stengelparenchym. Vergr. 1 : 360.

Moose, die letzten dagegen haben stark geneigte Querscheidewände und nähern sich mehr oder minder der Faserform. Nach Aussen wird das Gefässbündel zunächst von einem Hohlcylinder von dunkel gefärbten Parenchymzellen umgeben, nach denen erst das gewöhnliche gestreckte Parenchym folgt. Es tritt sonach schon hier ein Analogon der Gefässbündelscheide der höheren Kryptogamen auf.

Die Polytrichumarten haben im Centrum einen Cylinder von inneren, weiten, all- oder einseitig ziemlich stark verdickten, röthlichgelb gefärbten und von äusseren dünnwandigen, grössere oder kleinere Intercellularräume zwischen sich lassenden Zellen (Fig. 96, *a* und *b*). Diesen inneren Strang umgibt ein je nach den verschiedenen Arten verschieden breiter geschlossener Ring eines regelmässigen, zartwandigen, hellgelblich

Fig. 96.



gefärbten Gewebes (Fig. 96, *G*), der seinerseits wieder von einem ein bis zwei Reihen breiten Ring meist schwarzbraun gefärbter dünnwandiger Zellen umgeben wird, in dem wir die Gefässbündelscheide vor uns haben.

Der centrale Cylinder giebt sich im Längsschnitt als ein Bündel von

sehr in die Länge gestreckten, mit horizontalen oder schiefen, im ersten Falle dünnwandigen, im anderen Falle verdickten Querwänden zusammenstossenden, also faserähnlichen Zellen zu erkennen und wird von einem Ringe zartwandigen Parenchyms umgeben (Fig. 96, II. *M*). Der hierauf folgende Hohlcylinder erscheint aus noch stärker in die Länge gestreckten, Eiweisssubstanzen als Inhalt führenden Zellen zusammengesetzt, deren horizontale Querwände etwas nach oben gewölbt sind (Fig. 96, II. *G*). Es erscheint dieser Theil des Gefässbündels somit als der die Säfteleitung vermittelnde, der innere aber als Mark.

Zur Untersuchung des Gefässbündels der Moose bedarf man zarter Quer- und Längsschnitte. Die ersteren fertigt man an, indem man einzelne Stengel, oder, bei sehr dünnstengeligen Moosen, ein mittelst dicker Gummilösung hergestelltes Stengelbündelchen zwischen Hollundermark klemmt und dann die Schnitte durch dieses und das Object zugleich führt. Gute Längsschnitte lassen sich am leichtesten in der Weise herstellen, dass man einen Stengel zwischen Kork klemmt, den hervorragenden Theil auf diesen niederstreckt und mit dem Zeigefinger der linken Hand in dieser Lage möglichst straff anzieht. Neben diesen Schnitten versäume man aber auch die Beobachtung von mittelst Kalilauge hergestellten Macerationspräparaten nicht, weil man durch diese einen genauen Einblick in die Zellenformen erhält.

Schleiden: Grundzüge, 3. Aufl. Bd. II., Seite 79.

Schacht: Lehrbuch der Anatomie und Physiologie. Bd. I., Seite 314; Bd. II., Seite 34 u. f.

W. Schimper: Versuch einer Entwickelungsgeschichte der Torfmoose.

Unger: Ueber den anatomischen Bau des Moosstammes in: Sitzungsbericht der K. K. Akademie der Wissenschaften. Bd. 43, Seite 497.

Zukal: Beitrag zur Kenntniss der Anatomie der Sphagneen. Botanische Zeitung, 1863, Seite 353.

Lorentz: Moosstudien, 1864. I. Bau und Entwickelungsgeschichte der Laubmoose.

2. Das Gefässbündel der höheren Kryptogamen.

Das Gefässbündel der höheren Kryptogamen besteht im ausgebildeten Zustande zum grössten Theile aus Röhren- und langgestreckten Parenchymzellen. Es fehlen demselben indessen die Faserzellen nicht gänzlich, wenn sie auch häufig einen verhältnissmässig nur geringen Antheil an seiner Zusammensetzung nehmen und erst nach sorgfältigster Untersuchung darin aufzufinden sind.

Das Gemeinsame des Gefässbündels sämmtlicher hierher gehörigen Pflanzenclassen besteht darin, dass die volle Ausbildung aller an der Zusammensetzung Theil nehmender Elemente in kurzer Zeit erreicht wird, eine Nachbildung der letzteren dann nicht mehr erfolgt und dass die Entwickelungsfolge sich von einem oder mehreren in dem Cambiumstrange nahezu peripherisch gelegenen Punkten aus entweder nach der

Innenseite hin, oder nach mehreren von dem Entwickelungscentrum ausstrahlenden Richtungen hin vollzieht. (Vergl. die Figuren 102 bis 104.)

Auch in Bezug auf die Anordnung der verschiedenen Elementarorgane macht sich eine gewisse Gemeinsamkeit geltend, indem wenigstens von den Lycopodiaceen an aufwärts die Mitte des Gefässbündels von dem Holztheile, der gesammte Umfang aber von dem Basttheile eingenommen wird.

Gefässbündel der Schachtelhalme.

Die Gefässbündel der Schachtelhalme bilden einen den grossen centralen, durch theilweise Resorption des Markes entstandenen Luftgang umgebenden Kreis und werden durch breite Schichten weiter Parenchymzellen von einander getrennt, welche sich — namentlich im Umfange der ersteren — durch dicke Wandungen auszeichnen und häufig gelb bis dunkelbraun gefärbt erscheinen.

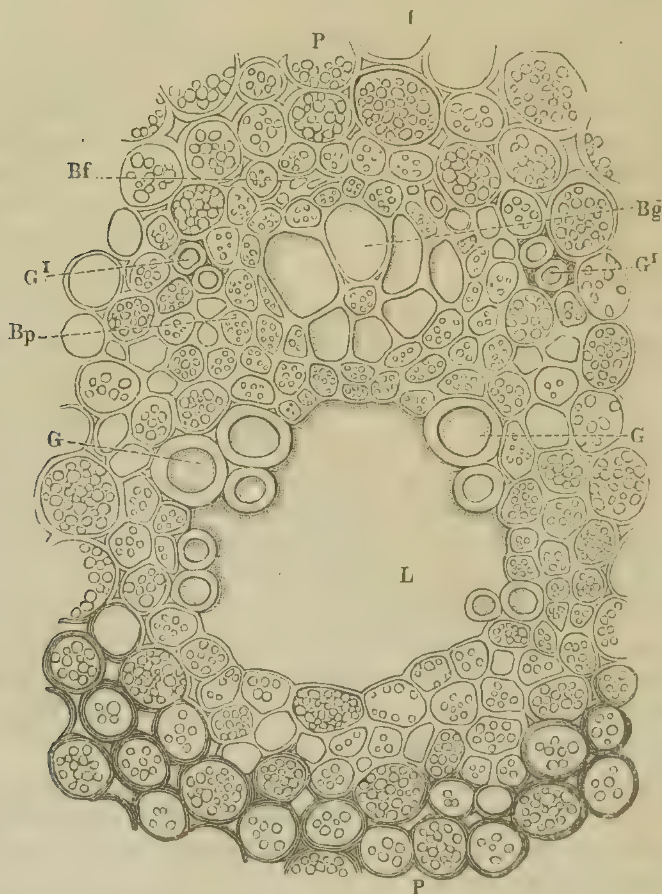
Die nach dem Marke gewendete Seite, der Holztheil des Gefässbündels, wird zum grössten Theile von einem weiten Luftgange eingenommen, der durch Resorption eines Stranges von gestreckten, hier und da mit einzelnen Gefässen oder Gefässzellen untermischten dünnwandigen Parenchymzellen entstanden ist. In seine Höhlung ragen jederseits eines, zwei oder mehrere ring-, spiral- oder netzförmig verdickte Gefässzellen hinein (Fig. 97, *G*, a. f. S.) und der Umfang wird von ziemlich regelmässigem, derbwandigem engeren Parenchym gebildet, welches von den oben erwähnten dickwandigen Zellen umschlossen wird. Zwei andere Gruppen von Gefässzellen finden sich nach der Rindenseite hin zu beiden Seiten (G^{I}). Von diesen vier Gefässgruppen und dem den Luftgang umgebenden Parenchym einerseits, dem dickwandigen, die Gefässbündelscheide bildenden Parenchym andererseits eingeschlossen erscheint der aus verschiedenartigen Elementen bestehende Basttheil.

Zur Ermittelung der einzelnen das Gefässbündel zusammensetzenden Elemente und der für diese in Betracht kommenden Structurverhältnisse müssen neben dem Querschnitte radiale Längsschnitte und Macerationspräparate verwendet werden.

Der Holztheil besteht aus nur zwei Zellenformen aus den erwähnten ring-, spiral- oder netzförmig verdickten Röhrenzellen und langgestrecktem, stärkeführendem Parenchym, welches theils die Umgebung des Luftganges, theils die Verbindung zwischen den beiden äusseren und inneren Gefässzellengruppen bildet. Der Basttheil dagegen lässt schon auf dem Querschnitte drei verschiedene Zellenformen erkennen. Die Grundmasse desselben besteht in der Regel aus ziemlich regelmässigen, dünnwandigen, engen, stärkeführenden Zellen (Fig. 96, I. *Bp*). Zwischen diesen finden sich vereinzelt oder in kleinen Gruppen von zwei bis drei nebeneinander liegend Zellen von weiterem Lumen und mehr unregelmässig vieleckiger bis rundlicher Gestalt eingelagert, die entweder feinkörnigen Inhalt oder

Luft führen (Fig. 96, I. *Bg*). An der Aussenseite endlich trifft man eine ununterbrochene Reihe oder mehrere kleinere Gruppen von Zellen mit mehr oder minder engem, rundlichem Lumen und stärkerer all- oder einseitiger Wandverdickung (Fig. 96, I. *Bf*). Ein passender Längsschnitt lässt diese drei Elemente sofort auf das Klarste voneinander unterscheiden. Die regelmässig polygonalen Zellen erweisen sich als langgestrecktes

Fig. 97.

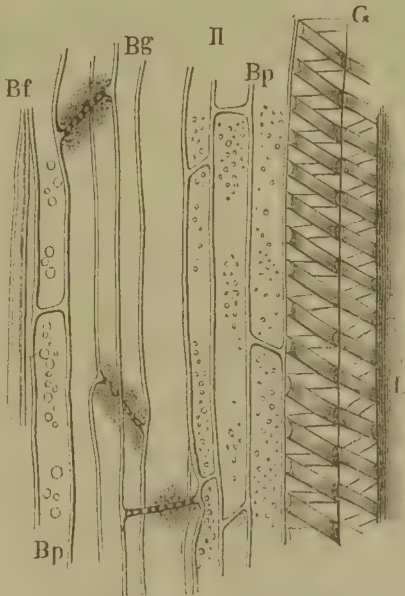


I. Querschnitt, II. Längsschnitt durch das Gewebe von Equisetum hyemale. *L* Luftgang, *G* grosse, *G'* kleine Gefässzellen, *Bg* Bastgefässe (Siebröhren), *Bf* Bastfasern, *Bp* Bastparenchym, *P* stärkeführendes Stengelparenchym. Vergr. 1 : 310.

Parenchym mit horizontalen Querwänden (Fig. 97, II., *Bp*). Die weiteren, in dieses letztere eingestreuten Zellen besitzen stärker verdickte, siebförmig durchbrochene, horizontale oder wenig geneigte, nach oben etwas convexe Scheidewände, über welche in der Regel eine schleimig körnige Inhaltsmasse gelagert ist, und sind somit als die dem Baste eigenthümliche Gefässform (Siebröhren) anzusprechen (Fig. 97, II. *Bg*), während die dritte Zellenform echte Faserzellen, Bastfasern u. s. w. bildet (Fig. 97, II, *Bf*).

Etwas anders als in dem Stengel gestaltet sich die Vertheilung der Elementarorgane in dem einzigen, mittelpunktständigen, von einer Scheide tangential etwas in die Länge gezogener dickwandiger und braun gefärbter Parenchymzellen umgebenen Gefässbündel der Wurzel. Hier nehmen die hier und da mit Parenchym untermischten Gefässzellen etwa die Mitte ein und werden nach Aussen auf drei Seiten von langgestreckten engen Parenchymzellen umgeben, während die vierte Seite von dieser Zellenart und einigen durch ein weites Lumen sich kundgebenden Bastgefässen eingenommen wird.

Fig. 97.



In einzelnen Fällen findet sich statt der centralen Gefässgruppe nur ein einziges weites Gefäss, welches nach Schacht später resorbirt werden soll, so dass an dessen Stelle ein Luftgang tritt.

Gefässbündel der Lycopodiaceen.

Bei dieser Pflanzenklasse finden wir entweder nur ein einziges oder mehrere durch ein wahres Zwischengewebe getrennte Gefässbündel, welche die Mitte des Stengels einnehmen und entweder durch eine mehrschichtige Scheide dickwandiger, faserähnlicher Zellen oder durch ein schwammförmiges Gewebe von der Rinde getrennt werden. Erstere Verhältnisse sind, soweit meine Beobachtungen reichen, der Gattung Lycopodium, letztere der Gattung Selaginella eigen.

In der Zusammensetzung des Gefässbündels zeigen beide Gattungen eine fast vollständige Uebereinstimmung.

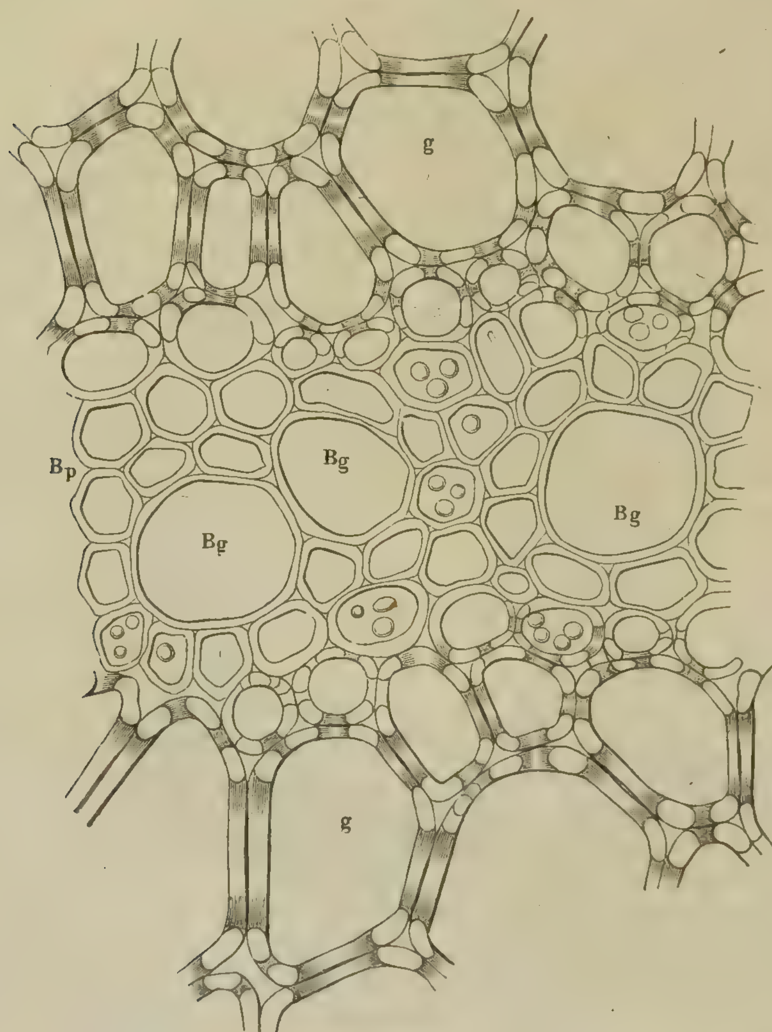
Der Holztheil besteht aus weiteren und engeren Gefässzellen, von denen die ersteren mehr nach dem Inneren auftreten und treppenförmig poröse Verdickung beobachten lassen, während die anderen auf einzelne Punkte oder grössere Strecken der Peripherie vertheilt sind und zum Theil treppenförmig porös, zum Theil, und zwar an den nach der Rindenseite gewendeten, also älteren Stellen der einzelnen Bänder, ring- und spiralförmig verdickt erscheinen. Die Gestalt des Holztheiles ist auf dem Querschnitte theils lappenartig bandförmig, theils rundlich, nahezu kreisförmig, und es erscheinen die einzelnen derart gestalteten Lappen bei Lycopodium entweder durch einzelne schmälere, aus nur engen Gefäss-

zellen bestehende Brücken miteinander verbunden, oder auch vereinzelt innerhalb des Basttheiles gestellt.

Der Basttheil nimmt die ganze Peripherie des Gefässbündels ein und zieht sich bei Lycopodium zwischen die einzelnen Lappen des Holztheiles

Fig. 98.

I.



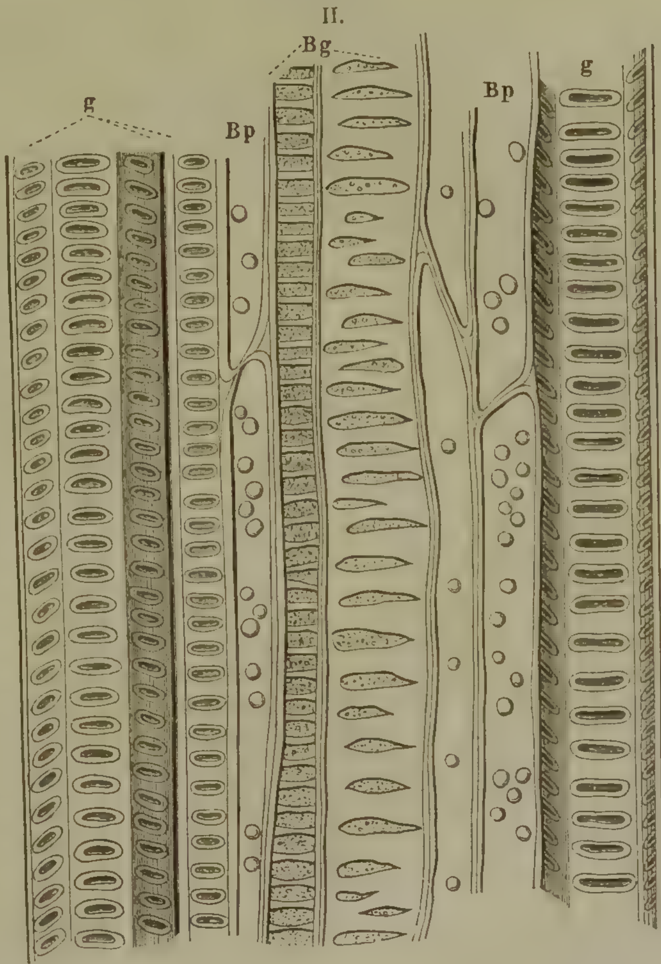
I. Querschnitt, II. Längsschnitt durch das Gefässbündel von Lycopodium annotinum. Bezeichnung wie Fig. 5 *). Vergr. 1 : 700.

hinein, so dass bei mehrfacher Verbindung dieser nicht selten einzelne kleinere Bastgruppen inmitten der Gefässzellen auftreten. Die zusam-

*) Die Bezeichnung für die Gefässbündelelemente ist für alle folgenden Figuren gleich, es bedeutet: *G* Gefässe oder Gefässzellen, *Bg* Bastgefässe (Siebröhren), *Hf* Holzfasern, *Hp* Holzparenchym, *Bf* Bastfasern, *Bp* Bastparenchym.

mensetzenden Zellen sind dreierlei Art. Zunächst erscheint als Grundmasse ein enges, derbwandiges, langgestrecktes, Stärke führendes Parenchym, inmitten dessen die bei Lycopodium sehr weiten, bei Selaginella (arborea) weniger weiten Bastgefässe ihren Platz nehmen, und zwar ent-

Fig. 98.



weder vereinzelt und durch eine oder mehrere Reihen des Parenchyms von einander getrennt oder zu kleineren Gruppen vereinigt (Fig. 98, I. *Bg*). Die dritte Zellenform besteht aus wahren durch engeres Lumen und stärkere Wandverdickung sich auszeichnende, Faserzellen. Dieselben erscheinen bei Lycopodium in kleineren Gruppen, namentlich da, wo die zwischen die Lappen des Holztheiles eingeschobenen Bastbänder in den äusseren Bastring übergehen, bei Selaginella dagegen mehr vereinzelt innerhalb des letzteren.

Gefässbündel der Farnkräuter.

Die einzelnen bald mehr der Kreisform sich nähernden, bald bandartig in die Länge gestreckten Gefässbündel bilden hier im eigentlichen Stengel einen das Mark umgebenden Kreis. Von dem Parenchym des Markes und der Rinde werden dieselben in der Regel durch eine Scheide ein- oder allseitig verdickter, gestreckter, häufig faserähnlicher Parenchymzellen getrennt. Hier und da indessen ist der Uebergang aus den parenchymatischen Elementen des Gefässbündels in jene des allgemeinen Parenchyms eine mehr allmälige (Osmunda).

In seinem allgemeinen Bau stimmt das Gefässbündel der Farnkräuter ziemlich mit jenem der Bärlappengewächse überein, d. h. die Mitte desselben wird von dem Holztheile, der Umfang aber von dem Basttheile eingenommen.

Der Holztheil besteht mindestens aus zwei, in manchen Fällen aber aus drei Zellenformen. Im ersteren Falle findet sich neben gefässartigen, langgestreckten, spindelförmig endenden Röhrenzellen nur langgestrecktes Parenchym, während im anderen zu diesem noch echte Gefässe, d. h. Röhrenzellen mit von jener der Seitenwände abweichender Structur der mehr oder minder schief geneigten Querscheidewände hinzutreten. Man wird daher bei der einschlägigen Untersuchung sein Augenmerk besonders auf diese Verhältnisse zu richten haben.

Die Röhrenzellen, welche die ältesten Theile des Gefässbündels bilden, besitzen ein enges Lumen und sind ring- oder spiralförmig verdickt, während die später entstandenen, meist bedeutend weiteren die bekannte treppenförmige Verdickung beobachten lassen. Hierbei treten dann aber die schon weiter oben berührten Verschiedenheiten auf, indem nur da, wo je zwei Gefässe aneinandergrenzen, entschieden in die Breite gezogene behöfte Poren auftreten, während diese da, wo Röhrenzellen an Parenchymzellen oder enge faserartige Zellen grenzen, ein mehr oder minder kreisförmiger Hof mit spaltenförmigem Porencanal erscheint (Fig. 99, I. u. II.).

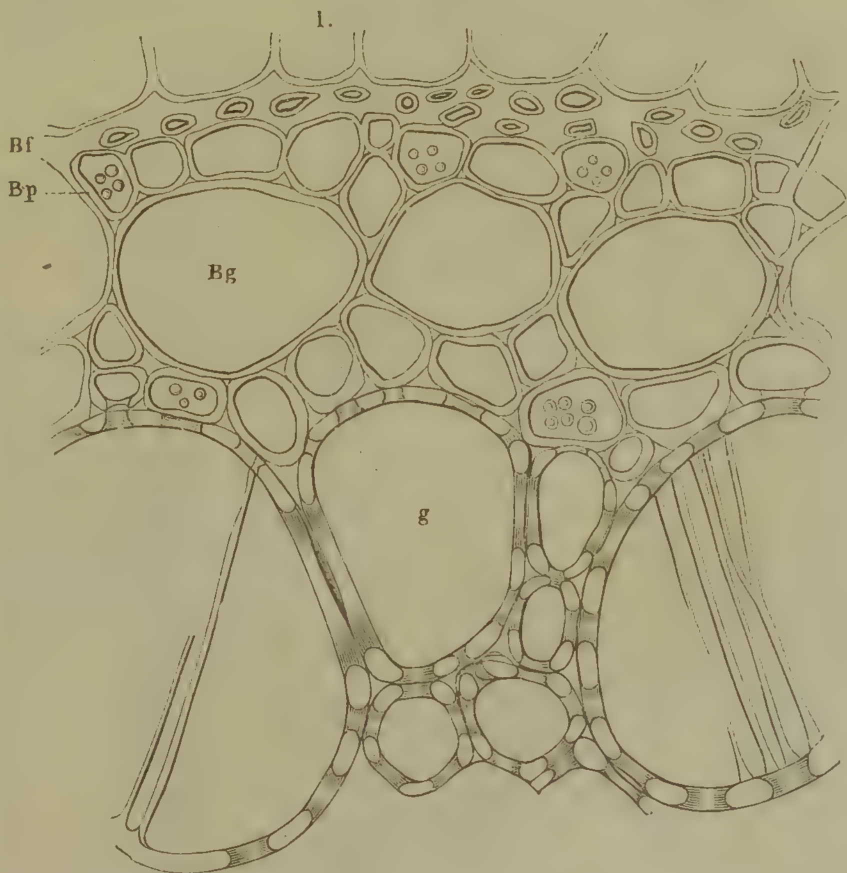
Die Durchbrechung der Querscheidewand, welche sich sehr schön bei unseren einheimischen Adlerfarn beobachten lässt, zeigt, soweit meine Beobachtungen reichen, nur die früher erwähnte leiterförmige Verdickungsform (Fig. 99, I. *G* mit einzelnen Resten der durchschnittenen Querwände).

Das Holzparenchym steht theils zwischen den Röhrenzellen, theils in der nächsten Umgebung dieser letzteren als Scheide zwischen Holz- und Basttheil. Dasselbe ist langgestreckt und führt gleich jenem der höheren Gewächse Stärke. Die Längswände sind, wo sie an gleichartige Elemente grenzen, glatt, d. h. ohne verdünnte Stellen der secundären Verdickungsschicht, besitzen aber da, wo sie mit Gefässzellen zusammenhängen, seichte, geschlossene und unbehöfte Poren, deren Gestalt mit der des Porenhofes der angrenzenden Gefässwände übereinstimmt.

An der Zusammensetzung des Basttheiles nehmen die drei verschie-

denen Zellenformen Theil. Der grössere Theil wird in der Regel von mehr oder minder regelmässig vieleckig gestalteten, dünnwandigen Parenchymzellen eingenommen, welche in jeder Beziehung jenen des Holztheiles gleichen. Innerhalb dieser treten auf dem Querschnitte sich durch

Fig. 99.

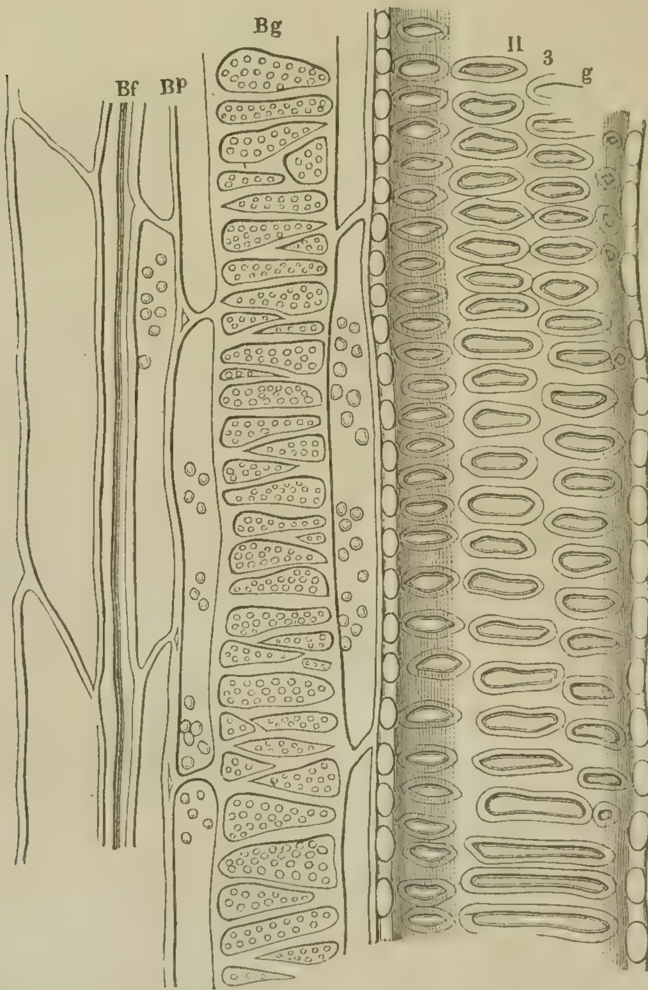


I. Querschnitt aus dem Gefässbündel von Pteris aquilina. Vergr. 1 : 420.

weiteres Lumen kenntlich machende, entweder eine mehr oder minder zusammenhängende Reihe oder kleinere Gruppen bildende Zellen auf, welche statt Stärke entweder einen trüblich feinkörnigen Inhalt führen oder entleert erscheinen (Fig. 99, I. *Bg*). Beobachtet man diese Elemente auf dem Längsschnitte, so geben sich dieselben sofort als die Röhrenzellen des Basttheiles, d. h. als die Bastgefässe (Siebröhren) zu erkennen. Dieselben sind stark in die Länge gezogen und stehen bei dem Adlerfarn sowie bei den tropischen Baumfarn mittelst schiefgeneigter Querwände in Verbindung, welche eine der auf Seite 132 beschriebenen ähnliche Structur erkennen lassen. Die Längswände zeigen sowohl bei ein- und derselben Art wie bei verschiedenen Arten und Gattungen in ihrer Struktur mannigfache Abwechselung, stimmen aber darin überein, dass sie die

diesem Elemente des Bastes eigenen Siebporen der secundären Verdickung unzweifelhaft erkennen lassen. Bei dem Adlerfarn ist in der Regel bei den weiteren Bastgefässen eine weitmaschige netzförmige (Fig. 99, II, *Bg*), bei den engeren eine rundlich oder länglich rund poröse Ver-

Fig. 99.



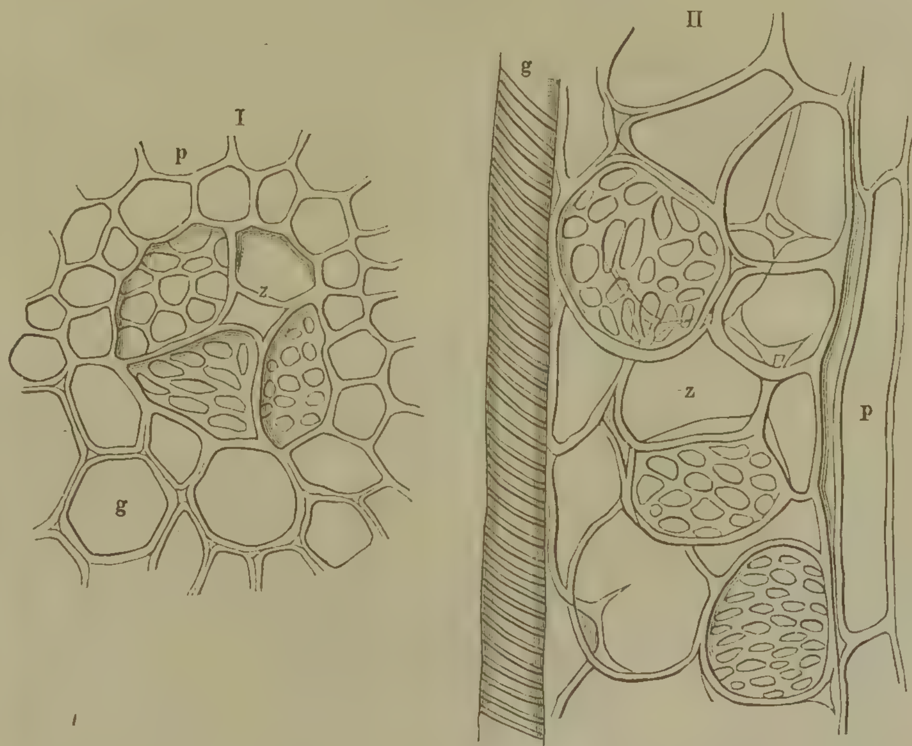
II. Längsschnitt aus dem Gefässbündel von Pteris aquilina. Vergr. 1 : 420.

dickung vorhanden, zwischen deren Leisten oder innerhalb deren schmalem Hofe die kleinen Poren auftreten. Die von mir bis jetzt untersuchten Baumfarn dagegen zeigen an ihren meist sehr weiten Bastgefässen kleinere rundliche oder länglich runde, ziemlich unregelmässig über die Längswand zerstreute Siebporen und ähneln so theils den engeren Bastgefässen von Pteris, theils jenen der Lycopodien.

Die dritte bald mehr, bald minder deutlich entwickelte Zellenform nimmt ihre Stellung nach Aussen von den Bastgefässen nahe gegen die

Gefässbündelscheide, wo sie entweder eine nahezu ununterbrochene Reihe oder Gruppen von einer grösseren oder kleineren Anzahl von Zellen bildet (Fig. 99, I. *Bf*). Auf dem Querschnitte geben sich dieselben durch ihr enges Lumen und die stärkere, in höherem Alter hell- bis dunkelgelb gefärbte secundäre Verdickung zu erkennen, während sie auf dem Längsschnitte sowohl als bei den Macerationsproducten entschiedene Faserform zeigen (Fig. 99, II. *Bf*), welche für manche Baumfarn insofern etwas

Fig. 100.



I. und II. Quer- und Längsschnitt durch einen Zellengang (*z*) von Osmunda regalis. *g* Gefässe, *p* Parenchym des Zwischengewebes. Vergr. 1 : 250.

Eigenthümliches hat, als sich von Strecke zu Strecke tonnenförmig erweiterte Stellen finden. Wir haben in denselben somit die Faserzellen des Bastbündels, d. h. die Bastfasern vor uns.

In dem Wedelstiele mancher tropischen (Cyathea, Asplenium) und einzelner unserer einheimischen Farnkräuter (Osmunda, hier und da auch Pteris) lassen sich Stränge von eigenthümlich ausgebildeten, parenchymatischen Zellen beobachten (Fig. 100), welche wahrscheinlich zur Aufnahme von Absonderungsproducten bestimmt und den Harz-, Gummi- und Milchsaftgängen der Phanerogamen an die Seite zu stellen sein dürften. Dieselben treten entweder einzeln, oder — bei länger gedehnten, auf dem Querschnitte bandartigen Gefässbündeln (Osmunda) — zu mehreren an der

nach Innen gewendeten Seite des Gefässbündels auf. Die an der Zusammensetzung Theil nehmenden Zellen sind meist unregelmässig polyëdrisch oder rundlich, von weitem Lumen, hier und da mit einer gelblichen, ölartigen bis harzigen Masse angefüllt und besitzen entweder eine nur wenig verdickte oder eine etwas stärker verdickte Zellstoffhülle mit porösen oder netzförmigen Verdickungscshichten.

In dem Gefässbündel der Baumfarn tritt zwischen das Gefässbündel und den mehrschichtigen, aus sehr dickwandigen, porösen, faserartigen Zellen gebildeten, oben als Gefässbündelscheide bezeichneten Cylinder noch ein solcher zartwandiger, langgestreckter, meistens dicht mit Stärke angefüllter Parenchymzellen, zwischen denen sich sehr weite rundliche, etwas in die Länge gestreckte dünnwandige Zellen eingestreut finden, welche einen braunrothen oder dunkelbraunen, anscheinend homogenen Inhalt führen und entweder nur einzeln vorkommen oder aus mehreren übereinander gestellten Zellen bestehende Stränge bilden.

Gefässbündel der Rhizocarpeen.

Das Gefässbündel der von mir untersuchten Gattung Marsilea ist in Stengel und Wedelstiel nach verschiedenem Typus gebaut. In dem ersteren erscheint dasselbe auf dem Querschnitt unter der Form eines Ringes, welcher einen centralen Cylinder von sehr dickwandigen, braun gefärbten Faserzellen umgibt und nach Aussen durch einen Hohlcylinder ähnlich gebauter Zellen, deren Wandverdickung von dem Gefässbündel aus nach der Rinde in den aufeinander folgenden Reihen derart zunimmt, dass zuletzt nur noch ein höchst enges Lumen übrig bleibt, von dem Rindengewebe getrennt ist. Der Holztheil tritt ebenfalls unter der Form eines Ringes auf, der nur an einer Seite durch einen schmalen Streifen des Basttheiles unterbrochen ist, welcher das auf der Innen- und Aussenseite um den Holztheil gelagerte Bastgewebe verbindet. In dem Wedelstiele dagegen ist das Gefässbündel ein im wahren Sinne des Wortes centrales, indem die ganze Mitte davon eingenommen wird. Der Holztheil bildet hier zwei allseitig von Basttheilen umgebene, und solcherweise von einander getrennte halbmondförmige Bänder, welche divergirend mit den convexen Seiten einander zugewendet sind.

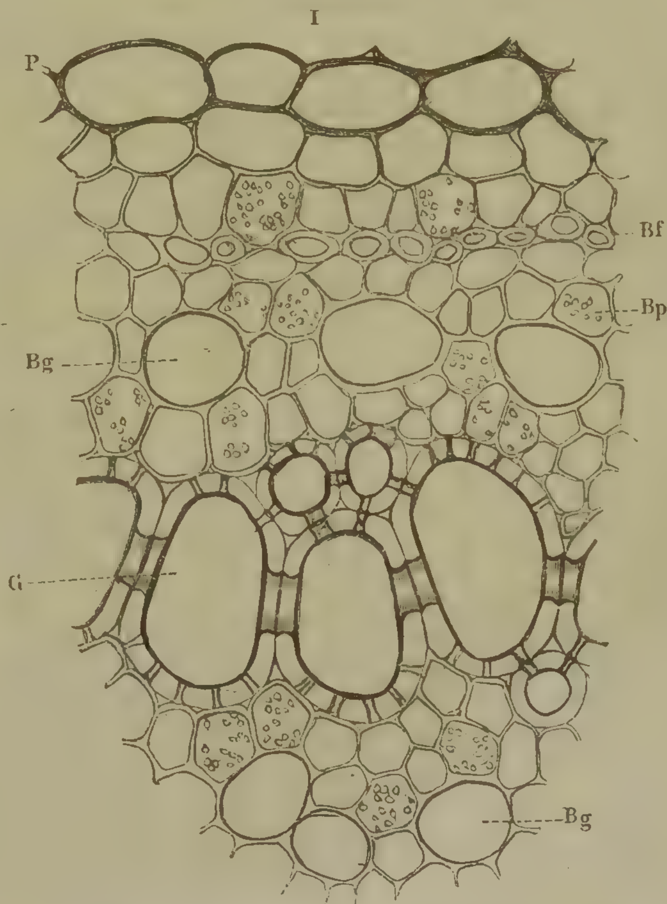
In Bezug auf die Zusammensetzung zeigt dieses Gefässbündel fast vollständige Uebereinstimmung mit jenem der im Vorhergehenden betrachteten Gefässkryptogamen.

Der Holztheil besteht aus sehr dickwandigen Gefässzellen, welche an den ältesten Stellen desselben, wo sie zugleich sehr enge sind, die ring- und spiralförmige, in den jüngeren Theilen aber, wo sie nach und nach weiter werden — und im Wedelstiele sogar ganz bedeutende Dimensionen annehmen — die treppenförmige Verdickung mit sehr engen Porencanälen und kleinen Höfen beobachten lassen. Nur hier und da findet sich einmal eine langgestreckte Parenchymzelle den Gefässzellen eingestreut, in

der Regel nimmt das wenig Stärke führende Holzparenchym seine Stellung in der unmittelbaren Umgebung der Gefässzellenbänder (Fig. 101).

Der Basttheil des Gefässbündels besteht dagegen aus den drei bekannten Zellenformen. Die Hauptmasse wird von ziemlich regelmässigem, Stärke führendem Bastparenchym gebildet, welchem eine mehr oder

Fig. 101.



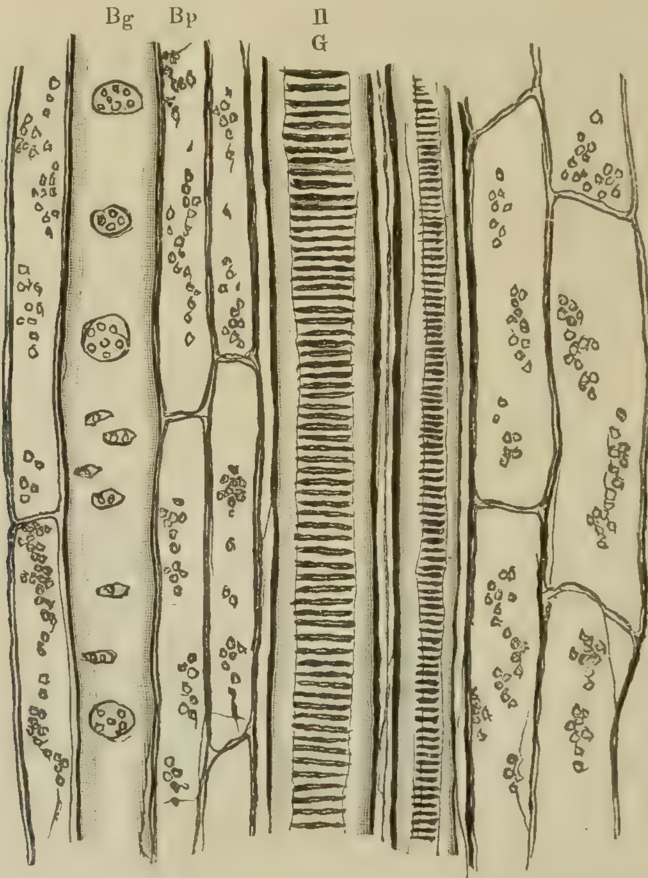
I. Querschnitt durch das Gefässbündel von Marsilea quadrifolia. Vergr. 1 : 400.

minder grosse Zahl von meist einzeln stehenden weiteren, sich auf dem Längsschnitte als die Bastgefässe zu erkennen gebenden Zellen eingestreut ist. In ihrer Structur stimmen die letzteren annähernd mit jenen der Equiseten überein. Die Querwände sind in der Regel mehr oder weniger geneigt und von feinen Poren siebförmig durchbrochen. Die Längswände dagegen erscheinen meist glatt; nur in einzelnen Fällen beobachtet man auf denselben die charakteristischen Siebporen (Fig. 101, II. *Bg*). Als dritte Zellenform treten Faserzellen mit nicht gerade sehr bedeutend verdickten Wänden auf, welche sich indessen auch auf dem Querschnitte durch die

geringen Dimensionen bemerklich machen. Dieselben stehen in dem Stengel meist in einer Reihe an dem Umfange des Gefässbündels, und finden sich in dem Wedelstiele in einzelnen grösseren oder kleineren Gruppen beisammen (Fig. 101, I. *Bf*).

Zu den Untersuchungen über den Bau und die Zusammensetzung des Gefässbündels der höheren Kryptogamen bedarf man zunächst zarter,

Fig. 101.



II. Längsschnitt durch das Gefässbündel von Marsilia quadrifolia. Vergr. 1 : 400.

womöglich den vollen Umfang des ersteren umfassender Quer-, dann in verschiedener Richtung durch verschiedene Stellen geführter Längsschnitte. Macerationsproducte, welche man entweder mittelst des Schultz'schen Macerationsgemisches herstellen oder auch leicht durch Fäulniss der aus dem Parenchym herausgelösten Gefässbündel erlangen kann, gewähren eine wesentliche Unterstützung für die genauere Kenntniss der verschiedenen an dem Aufbau des Gefässbündels betheiligten Zellenformen und die bei denselben auftretende Verdickungsweise; ausserdem belehren sie bei gehöriger Vorsicht in der Beobachtung in sicherer Weise über die Verbindung der Röhrenzellen untereinander.

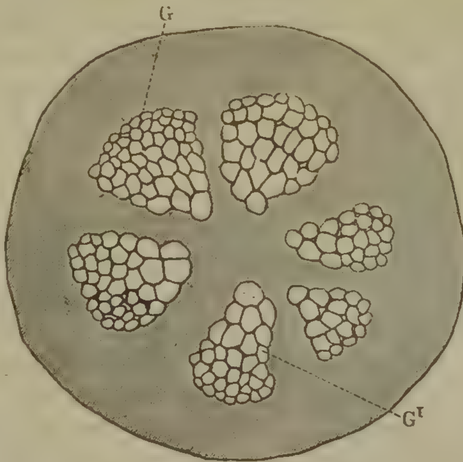
Entwickelung des kryptogamen Gefässbündels.

Um die Entstehung der verschiedenen Elemente des Gefässbündels aus dem Cambium zu verfolgen und den Fortschritt des Verdickungs- und Verholzungsprocesses, namentlich der im Holztheile vorkommenden Röhrenzellen zu controliren, muss man in der Entwickelung befindliche Pflanzen von dem Vegetationskegel an abwärts mittelst zarter Quer- und Längsschnitte untersuchen. Wo es irgend möglich, da wähle man hierfür solche Pflanzen, welche sich nach vollzogener Befruchtung aus dem Vorkeime heranbilden.

Die Eigenthümlichkeiten der Entwickelungsgeschichte des kryptogamen Gefässbündels, welche dessen Bau im ausgebildeten Zustande bedingen, lassen sich unter den leichter zugänglichen hierher gehörigen Gewächsen am klarsten bei den Bärlappgewächsen und Farnkräutern studiren.

Lycopodien. — Bei den Bärlappen sondern sich aus dem centralen Cambiumcylinder zunächst an verschiedenen peripherischen Stellen nach Innen einige enge, rasch verholzende ring- oder spiralförmig verdickte Gefässzellen, nach Aussen ebenfalls engere, nicht verholzende Elemente des Basttheiles aus. Hierauf entwickeln sich von diesen fertigen Elementen aus neue Elemente des Holz- und Basttheiles, und zwar in der Weise, dass die nach dem Centrum des Stengels hin vorwiegend ausgebildeten Holzelemente nach der Rindenseite hin von einem Ringstücke des Bastes umschlossen werden. Nach kurzer Zeit hört dann die Entwickelungsfähigkeit des Cambiums nach der Rindenseite hin auf, und die Entwickelung schreitet nur noch nach Innen hin und zwar theils in centripetaler, theils in tangentialer Richtung fort. Auf diese Weise entstehen innerhalb eines, von der noch aus dünnwandigen Zellen bestehenden Gefässbündelscheide umschlossenen, Bastringes einzelne nach Innen gestreckte rundliche Bündel, aus deren Cambium nun nach dem Centrum des Stengels hin gleichzeitig Holz und Bast hervorgeht, wobei die beiderseitigen Gefässelemente

Fig. 102.



Querschnitt durch einen jungen Trieb von Lycopodium chamaecyparissias mit den ersten Anlagen der Gefässbündel. *G* älteste, *G*I jüngste Gefässe. Vergr. 1 : 200.

an Weite mehr und mehr zunehmen, so dass sich nun auch die Bastgefässe in ihren Dimensionen wesentlich vor den übrigen Zellenformen des Bastes auszeichnen. Indem die Entwickelung noch eine Zeit lang in der geschilderten Weise fortdauert, bilden sich in Folge derselben die einzelnen Bänder sowie die eigenthümlichen Lappen des Gefässbündels heran, wie sie uns in dem ausgebildeten Zustande des letzteren entgegentreten.

Die schmalen brückenartigen Verbindungen vorher getrennter bandartiger Theile des Holzkörpers entstehen wahrscheinlich dadurch, dass die Bastbildung auf kurze Zeit unterbrochen wird und stellenweise an Stelle der Elemente des Basttheiles enge Gefässzellen aus dem Cambium hervorgehen.

Farnkräuter. — Bei den Farnkräutern erfolgt die Heranbildung der Elementarorgane des Gefässbündels aus dem Cambium in der Regel von einem oder zwei Punkten aus und schreitet von hier aus in verschiedener Weise fort, was nicht sowohl in verschiedenen Arten und Gattungen, als vielmehr in der Form der sich entwickelnden Gefässbündel seinen Grund hat.

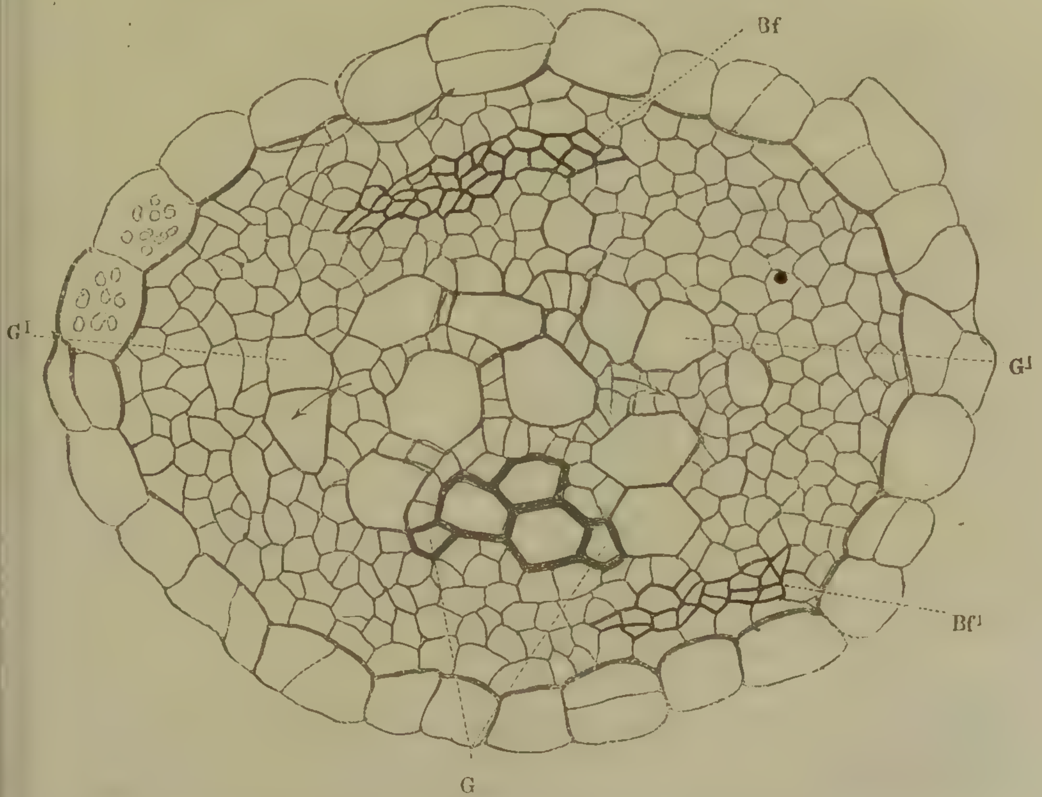
Bei Polystichum filix max z. B., bei dem die Form der Gefässbündel eine nahezu kreisförmige oder schwach länglichrunde ist, beginnt die Entwickelung, soviel ich beobachten konnte, meistens von einem, seltener von zwei Punkten aus. In dem Cambiumstrange scheiden sich zuerst in einem nahezu peripherischen Punkte ein und zwei enge Spiralgefässe und diesen gegenüber einige Faserelemente des Bastes aus. Diese beiden Anfänge des Holz- und Basttheiles nehmen dann rasch um einige schnell sich verdickende und zugleich verholzende Elemente zu, während sich um und zwischen denselben das zartwandige Gewebe in gleichem Maasse vermehrt und in dem den Cambiumstrang umgebenden Parenchym die Zelltheilung fortwährend thätig bleibt.

In weiter fortgeschrittenen Entwickelungszuständen erblickt man ein aus drei bis sieben Elementen bestehendes Bündel von verholzten Spiralgefässzellen, welches etwas gegen den Umfang des Gefässbündels gerückt erscheint (Fig. 103, I. u. II. *g*). Diesem gegenüber erscheint nahe dem Umfange ein Bündel von Bastfasern, dessen Elemente sich durch Zelltheilung vermehren (Fig. 103, I. u. II. *Bf*), während sich häufig zu gleicher Zeit vor dem Gefässzellenbündel eine Theilung in einer dünnwandigen Zellengruppe, also beginnende Bastfaserbildung oder gar ein kleineres Bündel von fertigen Bastfasern bemerklich macht (Fig. 103, I. u. II. *Bf''*). Das Gefässzellenbündel erscheint zugleich von dem älteren Bastfaserbündel durch ein Gewebe getrennt, in welchem eine kleinere oder grössere Zahl von an der Weite ihres Lumens kenntlichen, häufig durch engere Zellen, Holzparenchym, von einander getrennte unverholzte Gefässzellen auftreten (Fig. 103, I. u. II. *G'*), und aus dem nach dem Umfange des Gefässbündels hin die weiteren Elemente des Bastes hervorgehen.

Die weitere Entwickelung kann nun einen verschiedenen Gang ein-

schlagen, von dem das Aussehen des fertigen Gefässbündels abhängt. Entweder schreitet die Heranbildung neuer Gefässbündelelemente, nachdem zwischen den ersten Holz- und Bastbündeln noch eine kleinere Masse von Gefäss- und Holzparenchymzellen entstanden ist, vorzugsweise nach einer Seite des Gefässbündels hin fort, wie in Fig. 103, II., oder es er-

Fig. 103 I.



I. und II. Querschnitt durch kurze Zeit angelegte Gefässbündel von Aspidium filix mas, *GG* älteste bereits verholzte Spiralgefässzellen, $G^1 G^1$ in der Ausbildung begriffene Gefässzellen. In I. geht die Entwickelung von einem, in II. von zwei excentrischen Punkten aus. Vergr. 1 : 500.

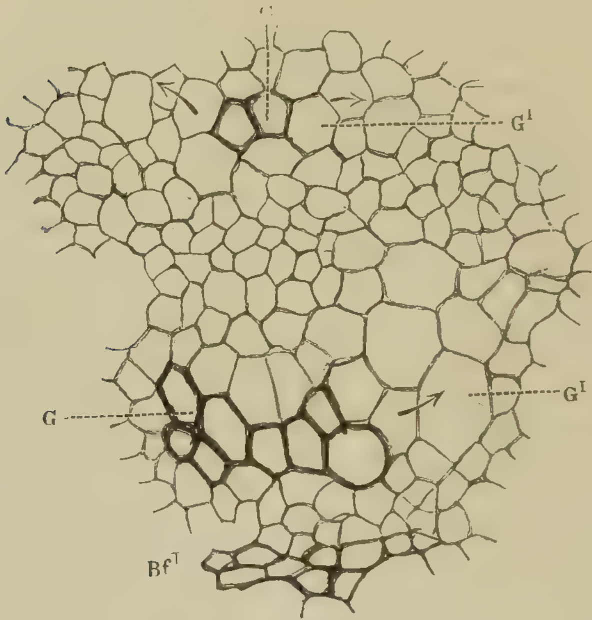
folgt dieselbe nach zwei Seiten hin gleichmässig, wie in Fig. 103, I., so dass in dem fertigen Gefässbündel die ältesten Gefässzellen — mit ringförmiger oder spiraliger Verdickung — entweder mehr zur Seite gerückt oder mehr nach der Mitte hin zu stehen kommen. In einzelnen Fällen tritt, nachdem sich in dem älteren Holztheile eine mehr seitliche Entwickelung geltend gemacht hat in dem bildungsfähigen Gewebe zwischen diesem und dem älteren Bastbündel ein neues Bildungscentrum auf (Fig. 103, II. oben) indem darin sich einige rasch verholzende enge Spiralgefässzellen aussondern. Von hier aus geht dann die Entwickelung anfänglich nach zwei Seiten hin, bis die von den beiden Bildungsheerden aus sich heranbildenden Gefässelemente sich zu einem nach dieser Seite hin geschlossenen

Ringabschnitte vereinigt haben. Alsdann hört die Entwickelungsfähigkeit des älteren Gefässbündeltheiles auf und es schreitet nun von dem zweiten Bildungscentrum aus die Entwickelung nach der anderen Seite hin fort, bis das Gefässbündel seine Ausbildung erreicht hat.

Die letztere Entwickelungsweise findet sich bei der in Rede stehen-

Fig. 103.

II.



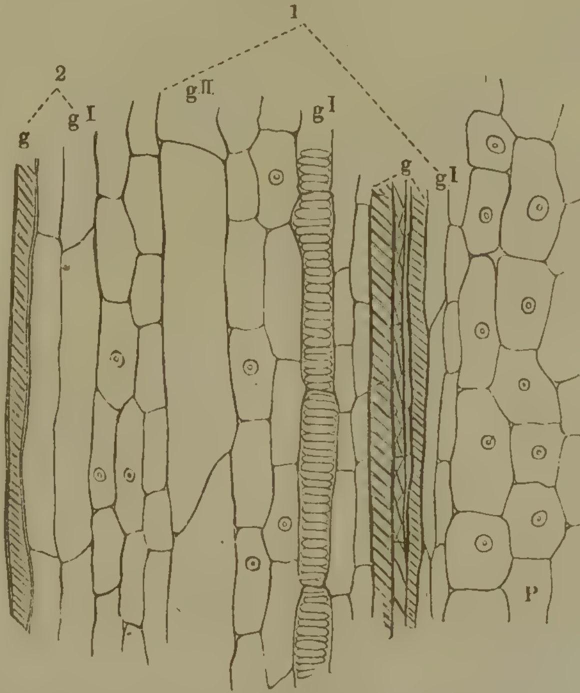
den Pflanze indessen nur in den beiden umfangreicheren Gefässbündeln, welche an der oberen Seite des Wedelstieles stehen.

Bei Pteris aquilina, wo sich zumeist bandartig gestreckte Gefässbündel finden, geht die Entwickelung in der Regel von zwei tangential neben einander liegenden Bildungscentren aus (Fig. 104, 1 u. 2), während die bei Polystichum beschriebene Entwickelungsfolge nur hier und da bei den einzelnen rundlichen oder elliptischen kleineren Bündeln vorkommt.

Im letzteren Falle ist die Entwickelungsfolge derart, dass sich die Gefässbündelelemente zuerst von einem Mittelpunkte aus gleichmässig nach zwei Seiten hin heranbilden; später scheint die Fortbildung dagegen nach einer Seite hin beschränkt zu werden, während sie nach der anderen fortdauert. Auf diese Weise nimmt der Holztheil die Form eines Halbmondes mit ungleichen Schenkeln an, der nach der convexen Seite hin von einem gleichbreiten Bastbande umgeben wird, während an den concaven Seiten der oben beschriebene Zellengang und ein etwas massiger entwickeltes Bastgewebe auftreten, und so die rundliche Form des ganzen Gefässbündels wahren. Im anderen Falle beobachtet man ein ganz ähn-

liches Verhalten in Bezug auf die beiden Bildungscentren. In beiden wird die Fortbildung in der Regel nach der einen für beide Centren gleichwandigen Seite hin verlangsamt und beschränkt, während sie nach der anderen rascher vor sich geht und länger fortdauert. Hier wird aber, da die Entwickelung centripetal fortschreitet, dieser in dem einen Bündel

Fig. 104.



Längsschnitt durch ein in der Entwickelung begriffenes Gefässbündel von Pteris aquilina. *g* Spiralgefässzellen, g^{I} und g^{II} verschieden alte poröse Gefässe, bei g^{I} sind die Porenhöfe bereits vorhanden. 1 und 2 die beiden von zwei peripherischen Punkten ausgehenden Gefässgruppen. *P* Parenchym. Vergr. 1 : 500.

ein Ziel gesetzt, sobald die ausgebildeten Gefässbündelelemente aufeinandertreffen, während das andere häufig in seiner Thätigkeit noch eine Zeit lang unbeschränkt bleibt. So kommt es, dass die beiden Gruppen der Spiralgefässzellen in dem fertigen Bündel oft ziemlich nahe aneinander gerückt erscheinen (Fig. 104, *g*, *g*), während nach der einen Seite hin eine grosse Zahl weiter Gefässe zu beobachten ist.

G. v. Mohl: Ueber den Bau des Farnstammes. Vermischte Schriften 1846, Seite 108.

Derselbe: Ueber den Bau des Stammes von Isoetes lacustris. Vermischte Schriften, Seite 122.

Schleiden: Grundzüge, 3. Aufl. Bd. I., Seite 255, und auch Bd. II.

Schacht: Lehrbuch der Anatomie und Physiologie. Bd. I., Seite 313 u. f.

Unger: Anatomie und Physiologie der Pflanzen. Seite 215.

Dippel: Ueber die Zusammensetzung des Gefässbündels der Kryptogamen. Amtlicher Bericht der Versammlung deutscher Naturforscher und Aerzte zu Giessen. S. 142.

3. Das Gefässbündel der Monokotyledonen.

Das Gefässbündel der Monokotyledonen besteht in vollkommen ausgebildetem Zustande aus den drei bekannten Zellenarten, welche sich in zwei Systemen: dem Holz- und Basttheile des Gefässbündels gruppirt finden. Es entsteht aus einem Cambium, welches von dem Centrum des betreffenden Stranges aus nach zwei Seiten des Stengels hin verschieden, und zwar nach der Rindenseite in den Basttheil, nach der Markseite in den Holztheil mit ihren Elementarorganen, umgebildet wird. In späteren Entwickelungszuständen nimmt das Cambium zwischen den ausgebildeten Elementen etwa die Mitte des Gefässbündels ein und verschwindet mit Ablauf der Entwickelungsperiode vollständig, indem es in parenchymatisches Dauergewebe umgewandelt erscheint.

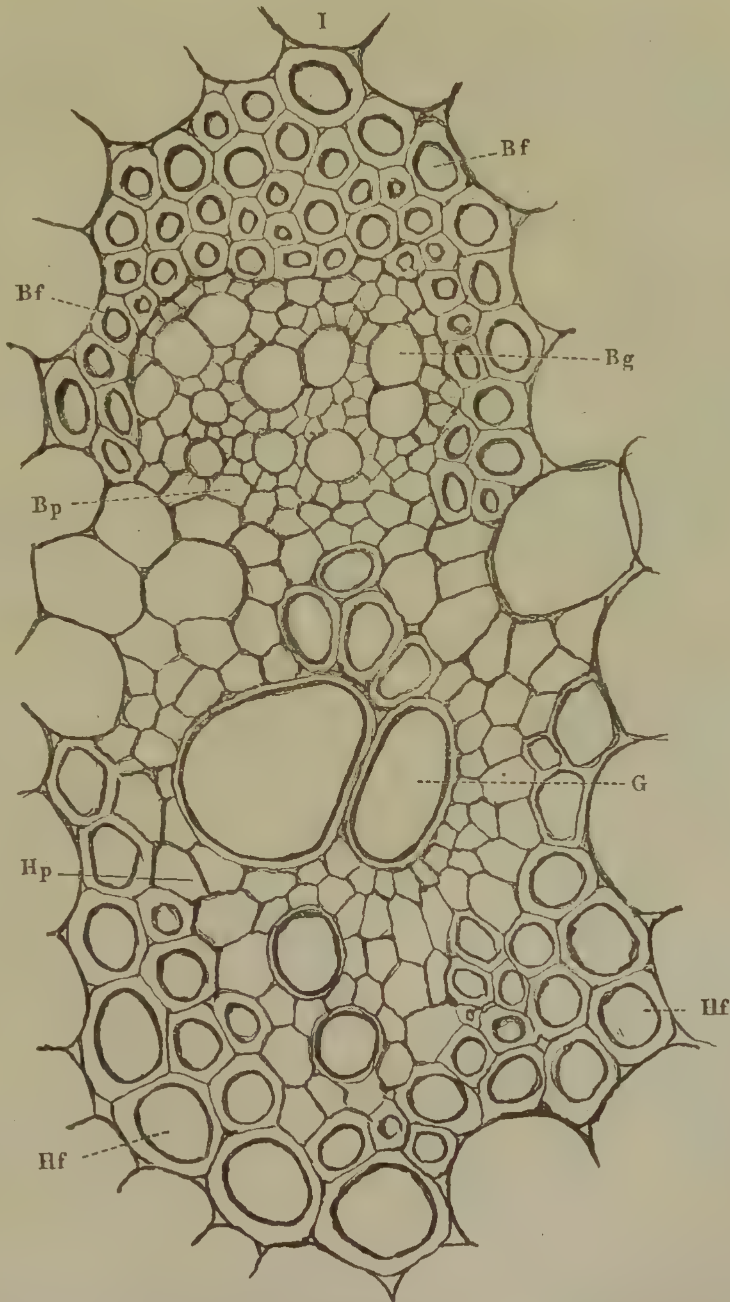
Abgesehen von den unvollständig ausgebildeten Gefässbündeln, von denen die einen (Najas und Caulinia) nur aus dünnwandigen gestreckten Zellen, die anderen (Rindenbündel) nur aus Bastfasern oder aus Bastgefässen (Siebröhren) und gestrecktem Parenchym bestehen, finden sich bei dem monokotyledonen Gefässbündel mannigfache Abänderungen in Bezug auf die Entwicklung der einzelnen Elementartheile sowohl als auf deren Stellung zu einander.

Betrachten wir die Elementarorgane des Gefässbündels etwas näher, so treffen wir zunächst auf zwei Modificationen von Faserzellen: Holzfasern und Bastfasern. Die Holzfasern nehmen die nach Innen, d. h. nach dem Mittelpunkte des Stengels gewendete Seite des Gefässbündels ein (Fig. 105, I. *Hf*). Sie sind bald stärker, bald minder stark verdickt, stets verholzt und lassen zerstreut stehende, wenig zahlreiche, schwach behöfte, länglichrunde Poren beobachten (Fig. 105, II. *Hf*). Die Querscheidewände stehen in der Regel nur wenig geneigt, selten findet man Zellen mit so scharf zugespitzten Enden, wie sie die Holzzellen der Dikotyledonen besitzen. Die Holzfaser der Monokotyledonen steht demnach hier und da dem langgegestreckten Parenchym ziemlich nahe und unterscheidet sich, wenn sie nur wenig verdickt erscheint, von diesem nur durch ihren den Querdurchmesser sehr bedeutend überwiegenden Längsdurchmesser. Die Bastfasern nehmen ihren Platz an der nach der Peripherie des Stengels gewendeten Seite des Gefässbündels (Fig. 105, I. *Bf*). Im Ganzen sind dieselben den Holzfasern ähnlich gebaut, zeichnen sich aber im Allgemeinen durch eine schärfer ausgesprochene Zuspitzung der Enden vor diesen aus. Häufig treten sie, wie diese, mit nur gering verdickten Zellstoffwandungen auf. In der Mehrzahl der Fälle sind sie jedoch stark — und dann gewöhnlich stärker als die Holzfasern des gleichen Gefässbündels — verdickt. Ihre secundären Verdickungsschichten zeigen eine mehr oder minder deutliche Schichtung und werden von zahlreichen, spaltenförmigen, feinen Poren durchsetzt (Fig. 105, II. *Bf*). Hier und

da finden sich auch mehr complicirte Verdickungsweisen (Calamus, Caryota urens etc.), worauf schon weiter oben hingewiesen worden ist.

Die Röhrenzellen oder Gefässzellen des Holztheiles (Fig. 105, I. u. II. *G*) bestehen aus Ringgefässen, Spiralgefässen, netzförmigen Ge-

Fig. 105.



I. und II. Quer- und Längsschnitt durch das Gefässbündel von Strelitzia reginae als allgemeiner Typus des monokotyledonen Gefässbündels. Vergr. 1 : 400.

fässen, porösen Gefässen, wobei letztere fast immer einzelne spaltenförmig behöfte Poren zeigen. Die einzelnen Röhrenzellen, welche bei den beiden ersten Gefässarten von grösserer, bei den letzteren von minder grosser Länge sind, münden bald durch einen grossen Poren ineinander

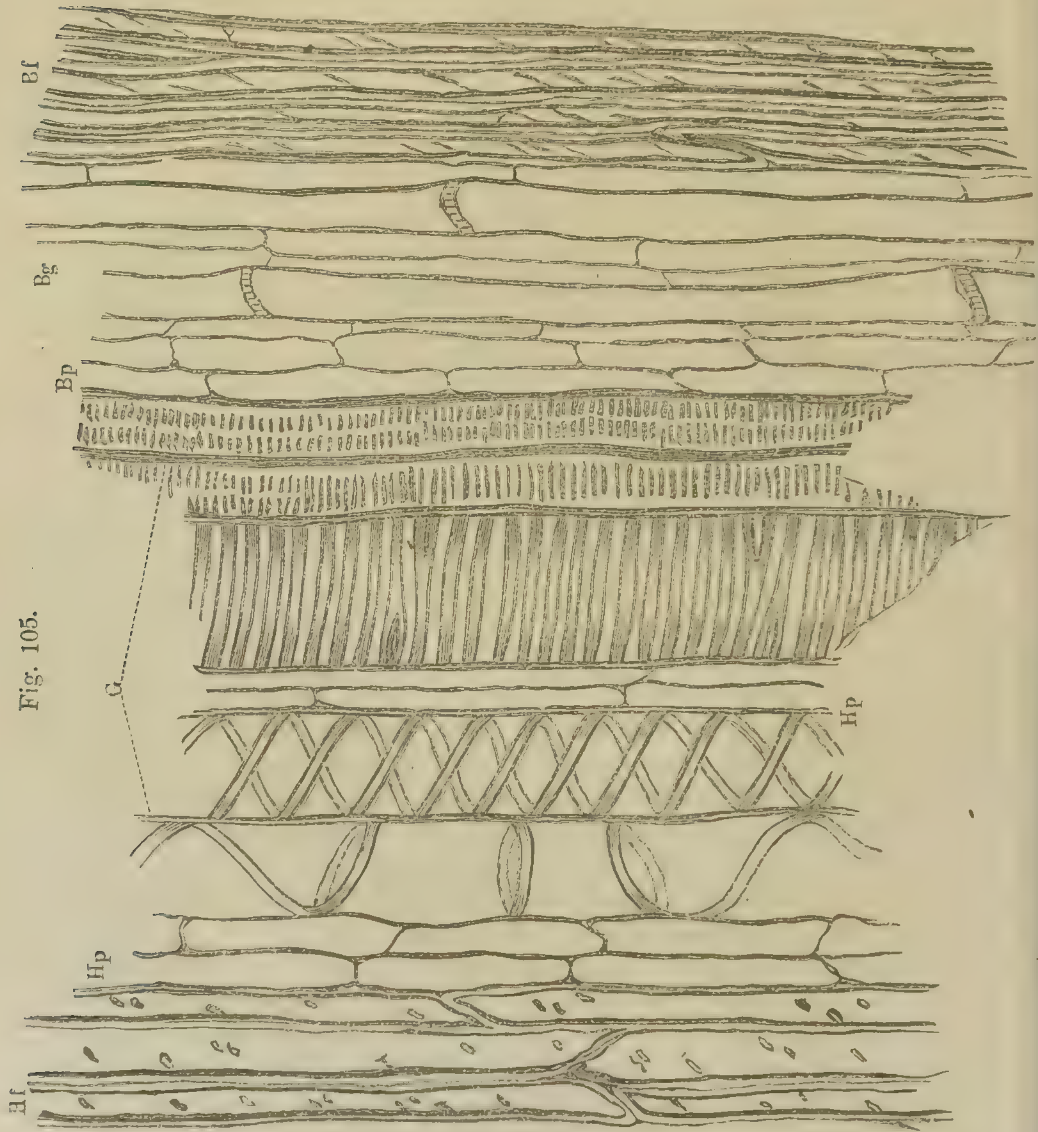


Fig. 105.

und man erkennt dann die Gliederung an dem verdickten Rande des letzteren, der entweder horizontal oder nur wenig geneigt steht, oder es tritt die schon früher mehrfach erwähnte leiterförmige Durchbrechung der Querscheidewände auf. Erstere Structur wird man namentlich bei den Ring- und Spiralgefässen sowie bei den mit runden Poren versehenen

Gefässen antreffen, während die anderen vorzugsweise bei den netzförmigen und spaltenförmig porösen (Treppen-) Gefässen auftritt.

In Bezug auf das gegenseitige Verhältniss der verschiedenen Gefässarten ist es durchgreifendes Gesetz, dass die zuerst entstandenen, meist engeren Gefässe die drei ersten, die älteren, weiteren dagegen die beiden anderen Verdickungsweisen erkennen lassen. Nur bei einzelnen Arten aus den Familien der Gräser und Musaceen sind hier und da sämmtliche Gefässe Ring- oder Spiralgefässe (Musa, Canna, hier und da auch Phragmites).

Die Bastgefässe, welche früher sammt den mit ihnen zusammen vorkommenden gestreckten Parenchymzellen als Vasa propria (Mohl) oder als Dauercambium (Schacht) bezeichnet wurden, sind ihrer Structur nach zuerst von H. v. Mohl erkannt und (wie die Bastgefässe der Dikotyledonen) Gitterzellen benannt worden. Sie nehmen in radialer Richtung ihre Stelle zwischen dem die Gefässe des Holztheiles umgebenden Parenchym und den Bastfasern (Fig. 105, I. u. II. *Bg*), und bilden sammt den zwischen ihnen vorkommenden Parenchymzellen, mit denen sie bald in bestimmter Ordnung (Musa), bald in mehr unregelmässiger Weise wechseln, eine leicht erkennbare zartwandige Partie des Gefässbündels. Ihre Querscheidewände sind entweder vollständig horizontal oder nur wenig geneigt, in der früher geschilderten Weise eigenthümlich verdickt und besitzen weitere oder engere, runde oder polygonale Poren (Siebporen) (Fig. 105, II. *Bg*). Seltener (einige Palmen) findet man stark geneigte Querwände, welche in die Länge gezogene, siebförmig durchbrochene Poren zeigen. Die Seitenwände sind meistens glatt, hier und da jedoch, und zwar, soviel ich aus meinen eigenen Untersuchungen schliessen darf, nur da, wo sie mit gleichen Elementarorganen verwachsen sind, erscheinen auf denselben auch runde oder ovale Gitterporen (Musa, Calamus, Asparagus, Canna, ebenso Palmen etc.).

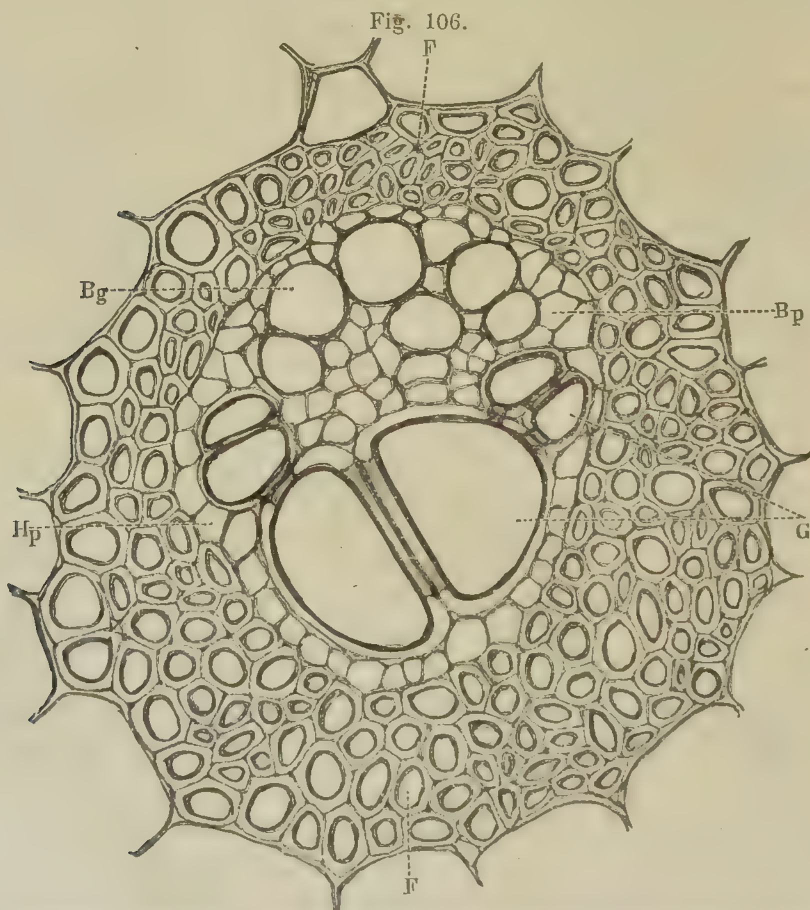
Ausser diesen in der Mitte des Gefässbündels stehenden Bastgefässen finden sich bei einzelnen Gattungen, namentlich aus der Familie der Liliaceen (Allium), der Musaceen (Musa), der Aroideen (Caladium, Xanthosama, Scindapsus, Arum u. a.), ausserhalb des Gefässbündels, aber immer entweder in seiner unmittelbaren Umgebung (Fig. 160), oder an der Stelle der kleinen Bastbündel (Allium) nahe unter der Rinde stehende weitere Bastgefässe, mit gegitterten Quer- und hier und da auch Längsscheidewänden, die einen eigenthümlichen, an der Luft sich oft roth färbenden Saft (Milchsaft) führen und früher als eine eigene Art von Elementarorganen, „Milchsaftgefässe", betrachtet wurden. Ich habe in der neuesten Zeit durch umfangreiche Arbeiten nachgewiesen, dass diese Elementarorgane dem Basttheile des Gefässbündels angehören, und da sie in ihrer Structur mit den Bastgefässen im Inneren der letzteren übereinstimmen, denselben anzureihen sind. Wollte man in der Art ihres Inhaltes einen Unterschied suchen, so muss ich darauf hinweisen, dass dieser Umstand nicht ganz von entscheidendem Gewicht sein dürfte. Erstlich wird der

Milchsaft nicht immer roth gefärbt, und stimmt in seinem ganzen optischen und chemischen Verhalten mit dem Inhalte der inneren Bastgefässe überein, und dann findet sich in den Pflanzen, welche solche sich färbende Milchsäfte führen, auch der Inhalt dieser letzteren nicht selten geröthet, wie ich mich bei Musa auf das entschiedenste überzeugt habe.

Die Parenchymzellen (Fig. 105, I. u. II. *Bp* u. *Hp*) kommen sowohl in dem Holztheile als in dem Basttheile des Gefässbündels vor und sind in der Regel langgestreckt, ja oft so sehr in die Länge gedehnt, dass sie sich den Faserzellen mehr oder minder nähern. Sie zeichnen sich indessen immer dadurch aus, dass sie horizontale oder doch nahezu horizontale Querscheidewände besitzen und dass sie gar nicht oder nicht so stark verholzen wie jene.

In dem Holztheile umgeben dieselben zunächst die Gefässe, in dem Basttheile nehmen sie ihren Platz zwischen den Bastgefässen, von denen sie sich auch auf dem Querschnitte meist schon durch ihr geringeres Lumen unterscheiden (Fig. 105, I. *Bp*). Ihre Seitenwände sind entweder völlig

Fig. 106.

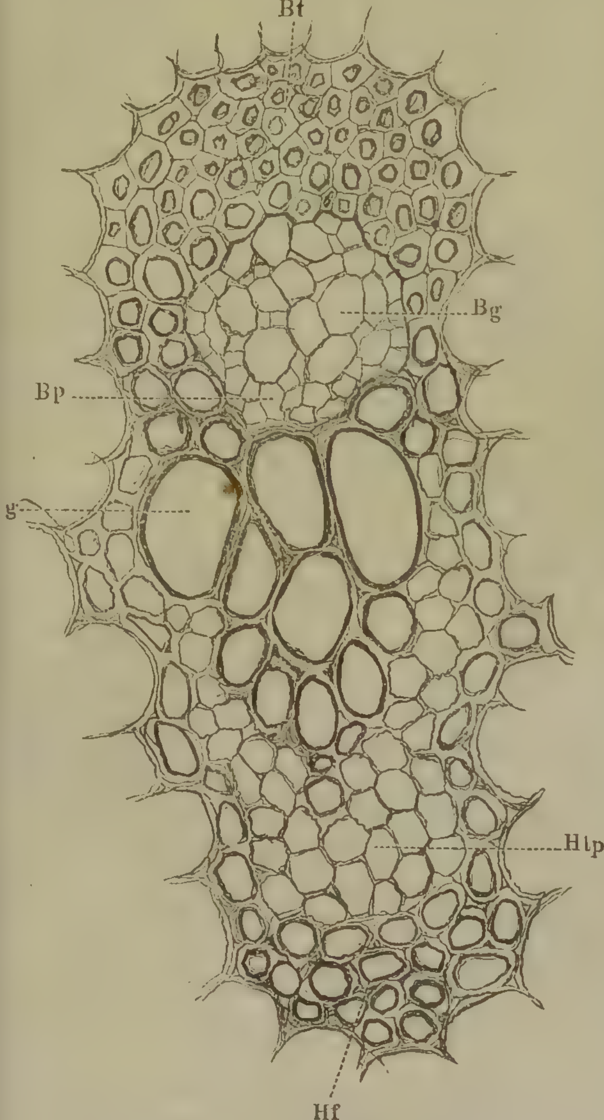


Querschnitt durch ein äusseres Gefässbündel des Stengels von Alpinia nutans. Vergr. 1 : 400.

glatt (im Baste) oder sparsam und fein porös. Wo dieselben an Gefässe angrenzen, finden sich grössere flache Poren, welche in ihrer Grösse dem Hofe der kleinen Poren jener entsprechen. Was den Inhalt dieser Zellenart angeht, so glaube ich, dass er zu einer gewissen Zeit aus Stärkemehl bestehen dürfte. Völlig entscheidende Beobachtungen stehen mir nicht zu Gebote, indessen habe ich hier und da wohl Stärke in den Parenchymzellen des Basttheiles sowohl als des Holztheiles gefunden (Musa).

Im Allgemeinen lässt sich der Bau des monokotyledonen Gefässbündels mit Rücksicht auf die Anordnung seiner Elementarorgane folgendermaassen zusammenfassen. Die beiden Enden des radialen Durchmessers werden von Faserzellenbündeln eingenommen, und zwar erscheint nach der Rindenseite hin das Bastfaserbündel, nach der Markseite hin das Holzfaserbündel, ohne dass diesen andere Elemente beigemengt wären. Nach Innen von dem Bastfaserbündel liegen die Bastgefässe untermengt mit Bastparenchymzellen, innerhalb des Holzfaserbündels die Röhrenzellen (Gefässe, Gefässzellen), theils umgeben von, theils untermengt mit Holzparenchymzellen. Hier und da treten (ein Verhältniss, dem wir auch bei den isolirten Gefässbündeln der Dikotyledonen begegnen werden) die Elemente der Holz- und Bastfaserbündel durch schmälere oder breitere Stränge von Faserzellen mit einander in directe Verbindung, so dass sie einen geschlossenen, die übrigen Bestandtheile des Gefässbündels einschliessenden Kreis bilden, so z. B. bei Papyrus, bei den äusseren Gefässbündeln von Alpinia u. s. w. (Fig. 106).

Fig. 107.

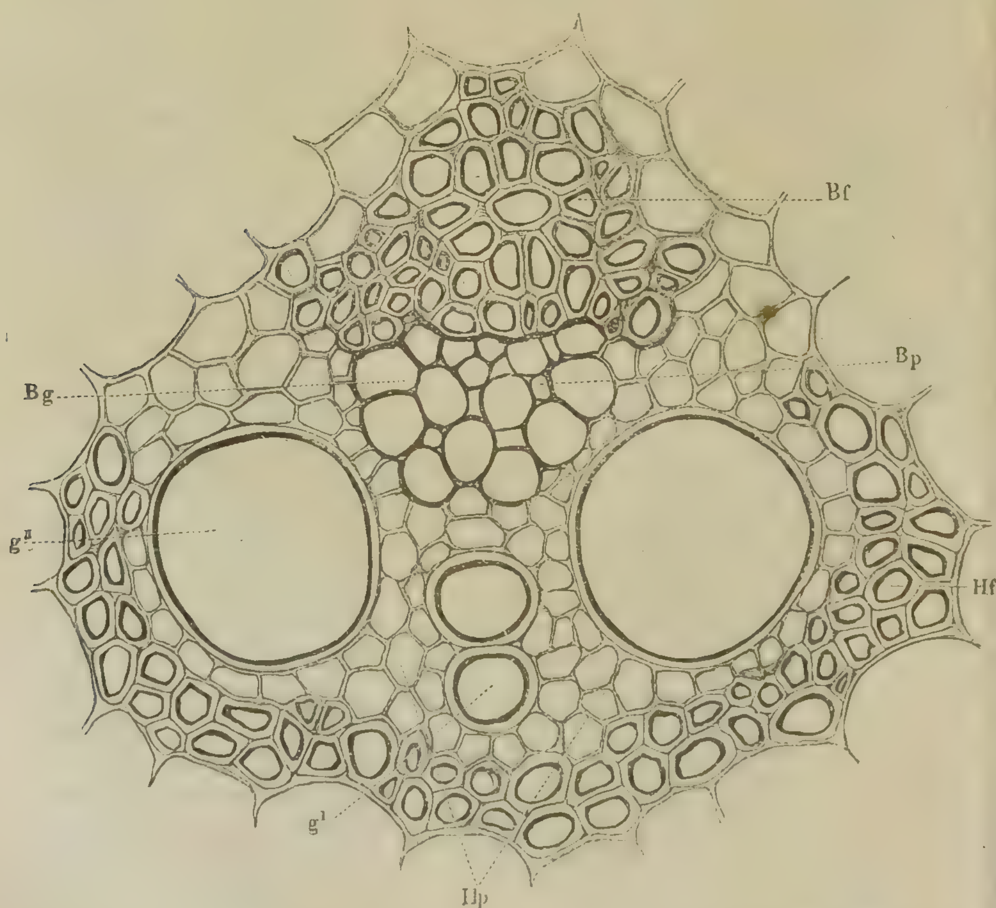


Querschnitt durch das Gefässbündel des Blattes von Gladiolus segetum. Vergr. 1 : 400.

Am vollkommensten ausgeprägt ist der Typus des monokotyledonen Gefässbündels in den den Blättern angehörigen und zu den Blättern abgehenden, auf dem Querschnitt ausserhalb des Verdickungsringes erscheinenden Gefässbündeln vieler hierher gehöriger Gewächse (Gladiolus, Iris, Phornium, Alpinia etc.) (Fig. 106 und 107). Es nähert sich in dieser Form, in der sämmtliche Elemente scharf ausgeprägt erscheinen, zugleich am meisten dem isolirten dikotyledonen Gefässbündel, wie wir es bei vielen krautartigen Pflanzen — in der Jugend immer, hier und da aber auch während des ganzen Lebens — antreffen. In etwas anderer Form tritt das Gefässbündel bei den manchen Gräsern, und Dracaenen auf, wo Holz- und Basttheil zwar noch in vollkommener Weise und in ihren Theilen ziemlich gleichmässig ausgebildet sind und nur die Stellung der Gefässe von dem oben geschilderten Typus etwas abweicht.

In dem Gefässbündel der Gräser (Fig. 108) stehen die jüngsten, weiten, porösen Gefässe zu beiden Seiten des Gefässbündels, so dass sie die

Fig. 108.

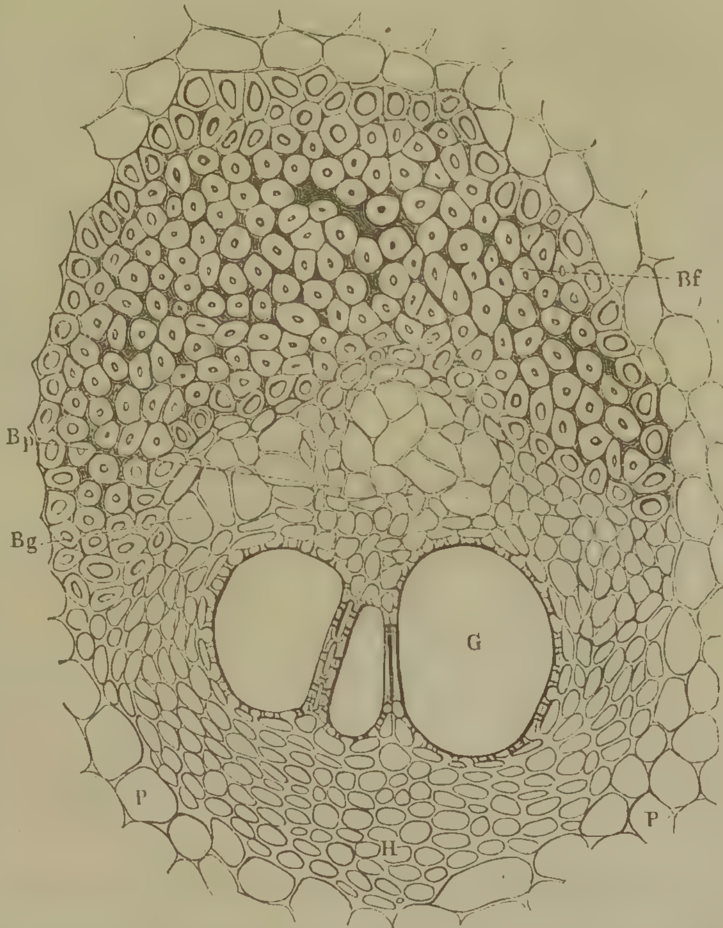


Querschnitt durch das Gefässbündel von Saccharum album. g^{I} Spiralgefässe, g^{II} poröse Gefässe. Vergr. 1 : 360.

Parenchymzellen des Holztheiles nebst einigen engeren Gefässen von beiden Seiten einschliessen; etwas nach hinten (innen) gerückt stehen dann noch zwei, drei oder mehrere gewöhnlich engere, bei manchen Gräsern, jedoch noch ziemlich weite Spiral- und Ringgefässe in einer Reihe. Bastgefässe und Bastparenchym bilden zusammen einen auf dem Querschnitte halbrunden bis (hie und da) runden Strang, welcher von dem ziemlich stark entwickelten Bastfaserbündel nach Aussen begrenzt, oder, indem es auch über die beiden weiten Gefässe hinübergreift, umschlossen wird.

Die Palmen (Fig. 109) zeigen in der Mitte des Gefässbündels ein bis drei grössere Gefässe, hinter denen häufig einige engere Spiralgefässe

Fig. 109.



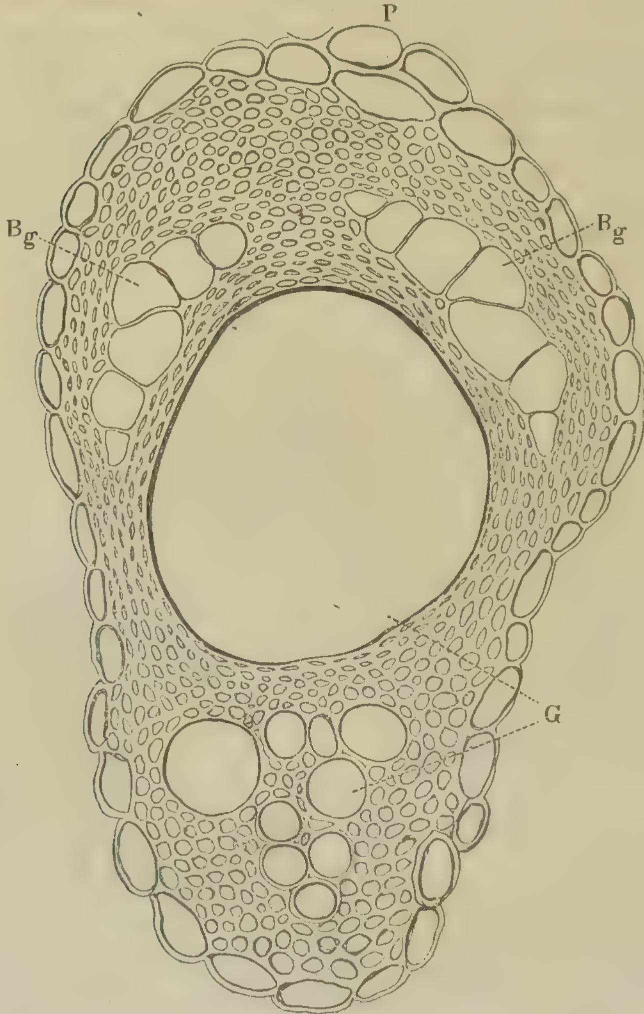
Querschnitt durch ein Gefässbündel von Scheelea sp. (Karsten). *H* Holztheil, aus mässig dünnwandigen parenchymatischen und faserartigen Zellen bestehend. *P* Stengelparenchym. Sonstige Bezeichnung wie oben. Vergr. 1 : 100.

stehen. Die Holzfasern sind in der Regel nur schwach verdickt und in geringer Anzahl vorhanden; dagegen zeigt das Bastfaserbündel, dessen Elemente meist eine sehr starke Verdickung besitzen, meist eine massenhaft

überwiegende Entwickelung. Die Bastgefässe sammt dem Bastparenchym stehen dicht über den weiten Gefässen (Fig. 109, *Bg*), und zwar sind dieselben nicht selten durch einen dazwischen tretenden Parenchymstreifen in zwei Gruppen gesondert.

Bei Calamus Rotang (Fig. 110) erleidet diese Anordnung der Ele-

Fig. 110.



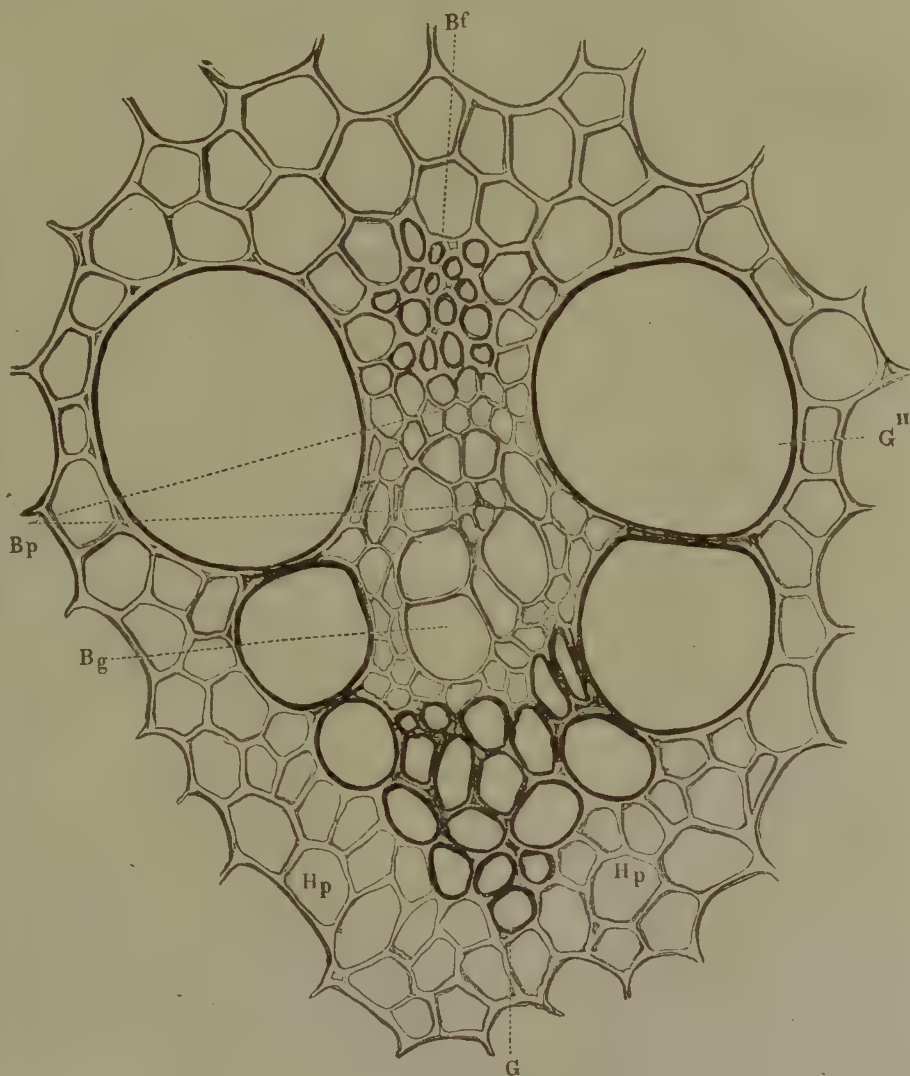
Querschnitt durch das Gefässbündel von Calamus Rotang. Vergr. 1 : 130.

mentarorgane eine bedeutende Abweichung, indem die Mitte des Gefässbündels von einem sehr weiten Gefässe eingenommen wird, hinter dem sich eines oder einige kleinere Spiralgefässe finden, während zu dessen beiden Seiten und etwas nach oben gerückt die dünnwandigen Elemente — wohl nur Gefässe (Siebröhren) — des Basttheiles stehen (Fig. 110, *Bg*).

Eine andere Reihe von Pflanzen zeigt in den inneren Bündeln des

Stengels die Bast- und Holzfasern mit so schwacher Entwicklung und Verdickung ihrer secundären Zellstoffschichten, dass dieselben bei weitem Lumen auf dem Querschnitte von den umgebenden Parenchymzellen fast gar nicht zu unterscheiden sind (Tradescantia, Lilium, Caladium, Aspa-

Fig. 111.

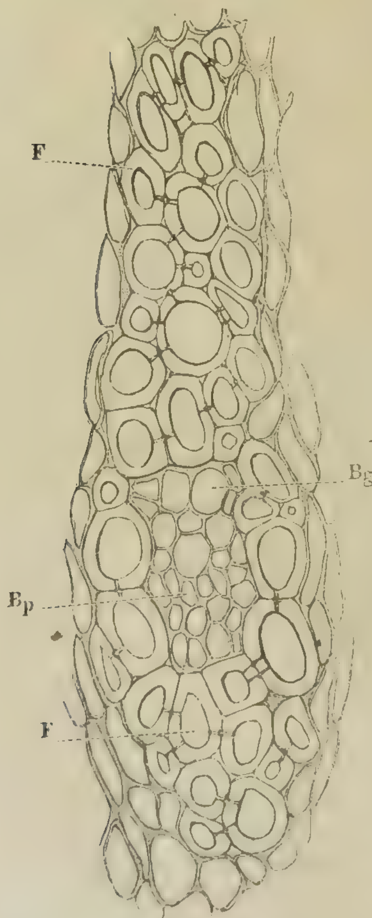


Querschnitt durch das Gefässbündel von Asparagus officinalis. Vergr. 1 : 360.

ragus, Fig. 111), oder in so beschränkter Anzahl, dass sie nur ein- oder zweireihige, nach der Mitte des Gefässbündels geöffnete, halbmondförmige oder (namentlich im Holztheile) keilförmige Lagen meist ziemlich schwach verdickter Faserzellen bilden (Musaceen). In Bezug auf die Stellung der Gefässe zu den übrigen Elementen des Gefässbündels finden sich hier ebenfalls mehrere Modificationen. Erstlich bilden jene einen geschlosse-

nen Halbmond, so dass dessen beide, oft bis zu dem Bündel der Bastfasern hinaufgerückten Spitzen von zwei besonders weiten, porösen Gefässen eingenommen werden (Fig. 111, G''), zwischen denen die ziemlich zahlreichen, nach und nach enger werdenden, theils porösen, theils spiralförmigen oder ringförmigen Gefässe die Verbindung bilden. Zweitens finden sich in dem Holzbündel eines oder zwei auffallend grosse Spiralgefässe, denen sich, in der Längsaxe des Gefässbündels stehend, nach der Bastseite hin engere Spiralgefässe, gegen das Holzfaserbündel hin engere ringförmige Gefässe anschliessen (Musa, Strelitzia, Canna, Fig. 105), wodurch das Gefässbündel eine stark in der radialen Richtung des Stengels gestreckte, zwischen Holz- und Basttheil eingeschnürte Form annimmt. Drittens tritt in dem Holztheile des Gefässbündels ein weiter Luftgang auf, vor welchem sich einige engere Spiralgefässe beobachten lassen, die hier und da durch eine oder einige Lagen Parenchymzellen von der ziemlich massig entwickelten Bastgefässgruppe geschieden werden (Caladium, Xanthosoma, Fig. 160).

Fig. 112.



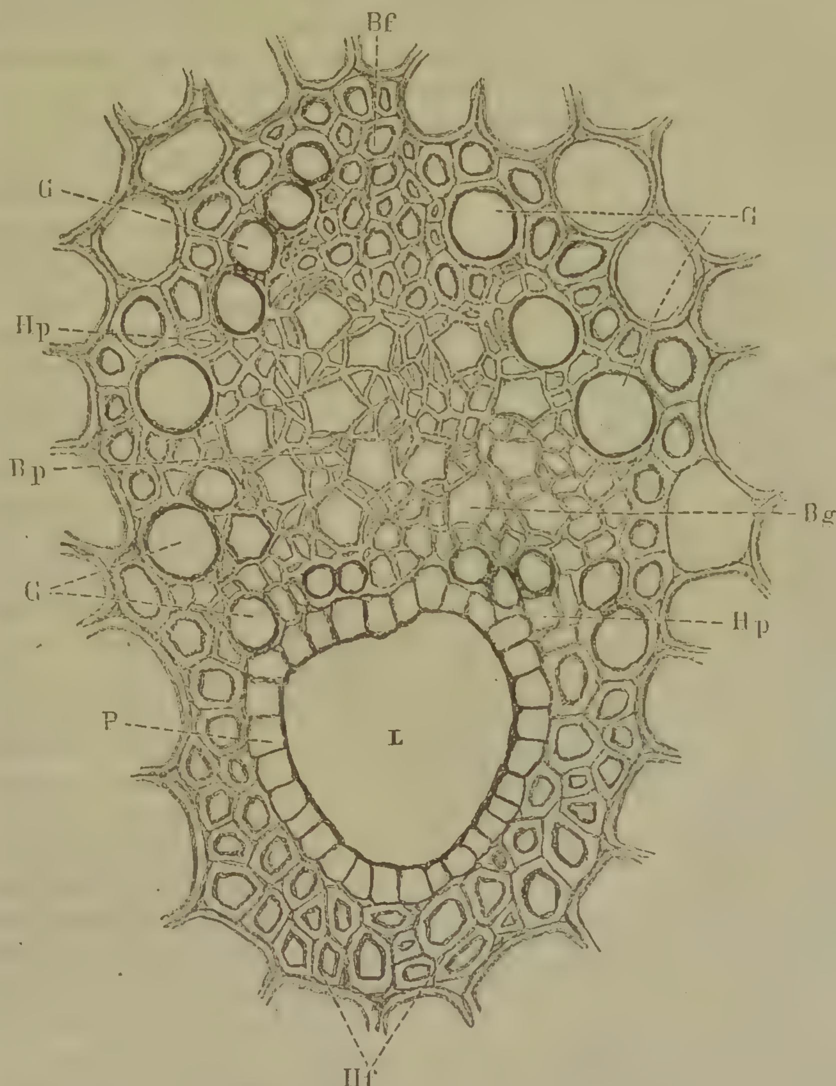
Querschnitt durch ein äusseres Gefässbündel von Dracaena Draco. *F* Faserzellen; die übrige Bezeichnung wie oben. Vergr. 1 : 200.

Bei den Dracaenen tritt in den inneren Gefässbündeln, wo die Holzgefässe einen geschlossenen Halbmond bilden, das Holzparenchym zwischen diese und die ebenfalls halbmondförmigen Holzfaserbündel; von den Gefässen aus nach der Rindenseite erscheinen eine meist geringe Anzahl von Bastgefässen untermengt mit Bastparenchym, und hierauf folgt das ziemlich massige Bastfaserbündel. In den äusseren, in radialer Richtung stark in die Länge gestreckten Bündeln, wo die Gefässe sowie das Parenchym des Holzes fehlen, nehmen die zartwandigen Elemente des Bastes ziemlich die Mitte des aus einem geschlossenen Ring von Faserzellen bestehenden Gefässbündels ein (Fig. 112, *Bg* u. *Bp*).

Die grösste Abweichung von dem allgemeinen Typus in der Anordnung der verschiedenen Elementarorgane findet sich bei Alisma Plantago (Fig. 113). Hier steht nämlich an der inneren Seite des Gefässbündels ein weiter Luftgang (*L*), der ringsum von zartwandigen, gestreckten, immer unverholzten Parenchymzellen um-

geben und dann durch einen ein- bis zwei-, oft dreireihigen Halbmond stark verdickter Holzfasern von dem Parenchym des Zwischengewebes abgeschlossen wird. Die Gefässe *G G* stehen nach der Rindenseite hin, zum Theil an die vorhin genannten Parenchymzellen angrenzend, zum Theil in zwei nach aussen offenen Kreisbogen den inneren Theil des

Fig. 113.



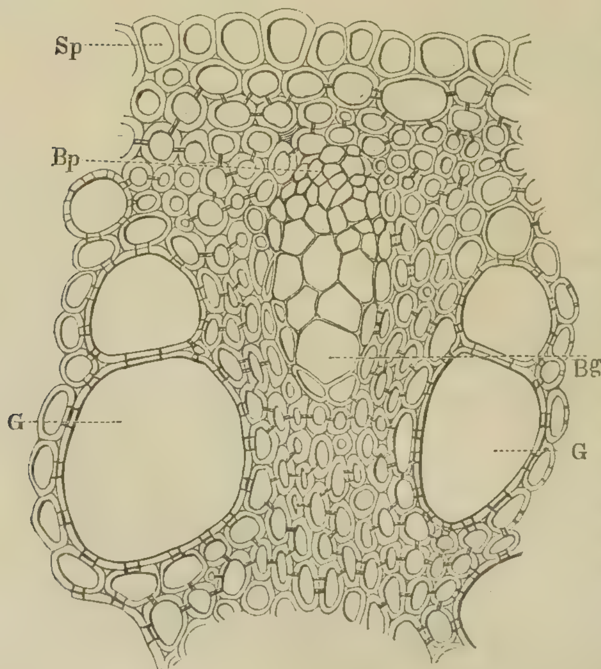
Querschnitt durch das Gefässbündel von Alisma Plantago. *L* Luftgang, welcher von zarten Parenchymzellen *P* umgeben wird.

Bastbündels umfassend. Das letztere ist gleichsam ankerförmig gebaut. Der äussere halbkreisförmige nur aus Bastfasern gebildete Theil umlagert die Gefässe des Holzbündels und setzt sich dann von dem mittleren Theile des Bogens aus durch einen schmäleren zwei bis drei und mehr Zellenreihen enthaltenden Isthmus in das Innere des Gefässbündels fort

wo es sich weiter ausdehnt (Fig. 113, *Bf*, *Bp* u. *Bg*). Es ist zwar zum grossen Theile aus mässig stark verdickten Fasern zusammengesetzt, indessen fehlen auch die dünnwandigen Elemente nicht ganz. Bei den im Inneren des Stengels liegenden Bündeln bestehen diese aus eigenthümlich gruppirten dünnwandigen Zellen, von denen die einen mit weiterem Lumen den gleichen Elementarorganen von Musa u. s. w. entsprechen, die mit engerem Lumen das gestreckte Bastparenchym vorstellen. In den der Rinde zunächst gelegenen Bündeln sind die letzteren Elemente oft bis zum gänzlichen Verschwinden vermindert.

Ein eigenthümliches Verhältniss in der Stellung der beiden Bestandtheile des Gefässbündels tritt in den Wurzeln auf. Hier nimmt nämlich das aus — nach innen liegenden — Bastgefässen und — nach aussen gerücktem — Bastparenchym zusammengesetzte, meist elliptische Bastbündel seinen Platz zwischen den radienartig gestellten Reihen der Holzgefässe in einem bald mehr zartwandigen, bald dickwandigeren, holzartigen Zwischengewebe aus faserartigen Zellen, welches allmälig in das Gewebe des Markes übergeht (Fig. 114).

Fig. 114.



Querschnitt aus der Wurzel von Smilax spec. *Sp.* Parenchym der Wurzelscheide. Vergr. 1 : 200.

Für die Untersuchung des fertigen monokotyledonen Gefässbündels bedarf es ganz derselben Präparate, wie solche bei der vorhergehenden Pflanzenabtheilung angegeben wurden. Man muss dieselben, namentlich aber die Querschnitte, sowohl aus der Peripherie als aus der Mitte des Stengels oder Stammes anfertigen, um sich über die Verschiedenheiten im Baue der an letzterer Stelle auftretenden Gefässbündel und jener, welche sich ausserhalb des Verdickungsringes befinden und von da aus in die Blätter übersetzen, in genügender Weise aufzuklären.

Entwickelung der Gefässbündel.

Die Entstehung der monokotyledonen Gefässbündel und die allmälige Heranbildung ihrer einzelnen Elementarorgane aus den Zellen der Cambiumbündel verfolgt man entweder von dem ruhenden Samen aus, wo dieselben unterhalb der Terminalknospe schon in Form von Bündeln eines zartwandigen, gestreckten Zellgewebes (Cambium) auftreten, an sich entwickelnden Keimpflanzen, die man sich leicht selbst ziehen kann, oder an den Trieben ausdauernder hierher gehöriger Gewächse, welche bereits im Knospenzustande der Beobachtung unterworfen werden müssen. Am besten eignen sich hierzu manche Palmen (Phoenix), Liliengewächse und Smilaceen (Ruscus). Man wird dabei immer von der Vegetationsspitze auszugehen und mittelst zarter Quer- und Längsschnitte an der jungen Achse nach abwärts zu steigen haben. Als erstes unterscheidbares Element des sich aus dem Cambiumbündel heranbildenden Gefässbündels erscheinen einige Bastfasern, die sich bei passend gewählten Pflanzen vor den dünnwandigen Elementen durch die beginnende Wandverdickung auszeichnen. Dann treten in dem Holztheile eines oder zwei Ringgefässe auf, während wohl schon vorher und gleichzeitig mit den jungen Bastfasern die jugendlichen Holzzellen entstanden sind, ohne dass sich diese auf dem Querschnitte von den übrigen dünnwandigen Elementen so früh schon deutlich unterscheiden. Während dann nach und nach das Bündel der Bastfasern sich vergrössert und die Verdickung fortschreitet, entwickeln sich im Holztheile die ältesten Spiralgefässe und hierauf unter fast gleichzeitiger Entstehung der dünnwandigen Zellenarten (Bastgefässe und Parenchymzellen) des Basttheiles die älteren Spiralgefässe oder die porösen Gefässe. Hierauf verliert das centrale Cambium seine Fortbildungsfähigkeit und es erscheint das Dickenwachsthum des betreffenden Gefässbündels vollendet.

Das Verhältniss, in welchem die sich entwickelnden Gefässbündel und der Verdickungsring zu einander und dieser zu dem Wachsthume des Stammes stehen, kommt bei den hier zu verfolgenden Entwickelungsvorgängen nicht weiter in Betracht und hat dasselbe erst in der Histiologie der Organe seine Erledigung zu finden.

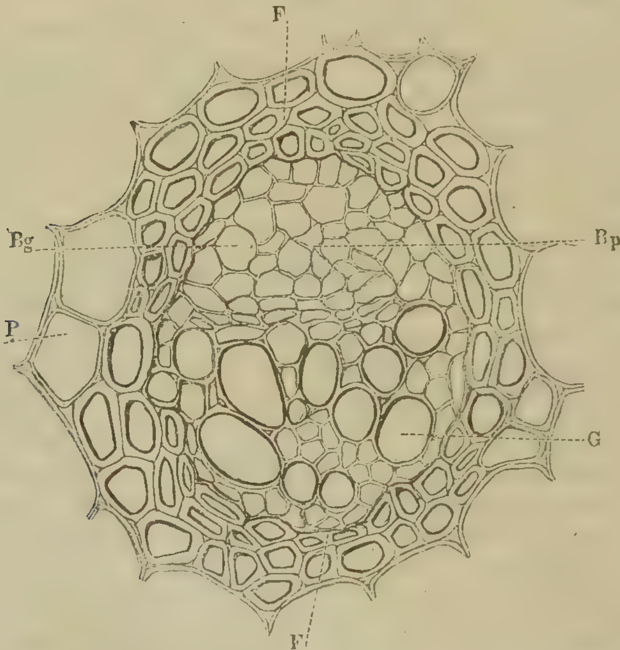
4. Das Gefässbündel der Dikotyledonen.

In seiner frühesten Entstehungsgeschichte stimmt das Gefässbündel der Dikotyledonen ganz und gar mit jenem der vorhergehenden Pflanzenabtheilung überein, und es können zum Studium derselben auch ganz dieselben Untersuchungsweisen in Anwendung kommen. Bei der Untersuchung der ausgebildeten Gefässbündel dagegen müssen wir von der Beobachtung jener ausgehen, welche in der einfachsten Form auftreten.

Getrennte Gefässbündel.

Hier liegen die einzelnen Gefässbündel isolirt in dem Gewebe des Stengels und werden durch mehr oder minder ansehnliche Lagen meist zartwandigen (Fig. 116 u. 117), hier und da aber derbwandigen und verholzten (Fig. 115, *P*), von jenem der Rinde und des Markes in der Regel ver-

Fig. 115.

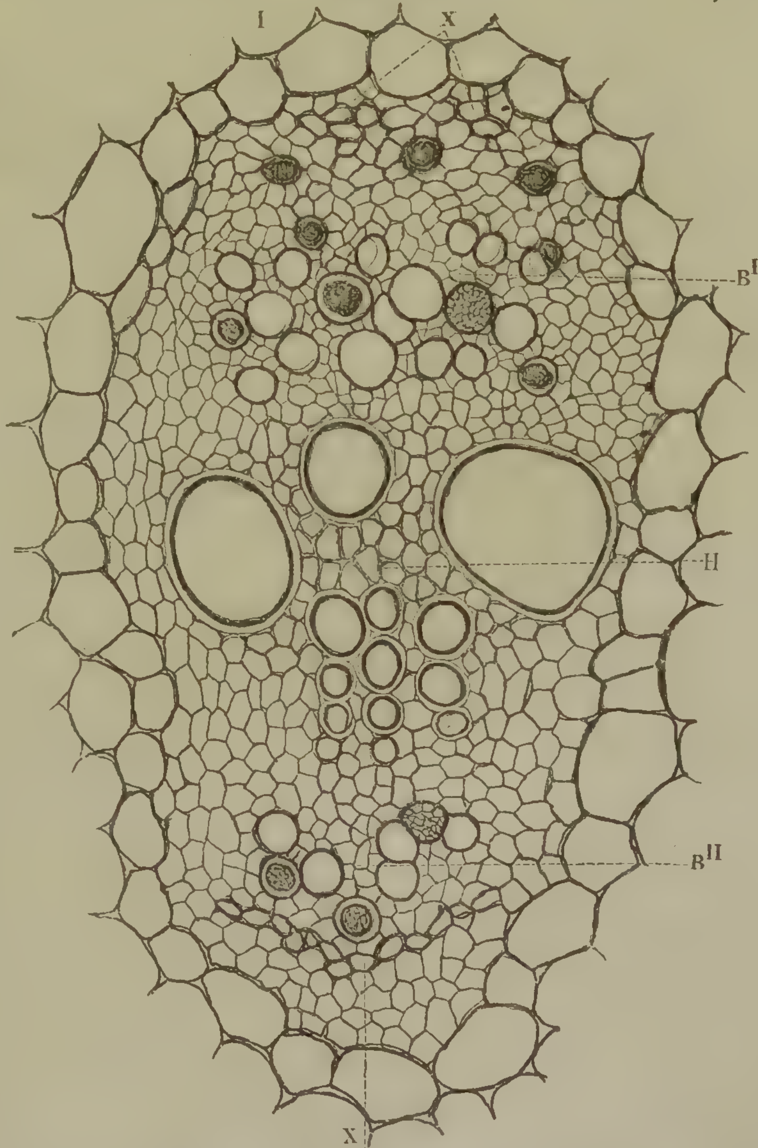


Querschnitt durch eines der kleinen Gefässbündel des Stengels von Ranunculus bulbosus. *FF'* Fasercylinder, *P* Stengelparenchym. Vergr. 1 : 330.

schieden gestalteten, englumigeren, parenchymatischen Zwischengewebes von einander getrennt. Solche getrennte Gefässbündel erscheinen in dem Stengel von Ranunculus, Chelidonium, Papaver, Cucurbita, Bryonia, Taraxacum etc. Das Gefässbündel, welches sich während einiger Zeit der Vegetationsperiode durch sein zwischen dem Holz- und Basttheile gelegenes Cambium in der normalen Weise verdickt, gleicht hier in seiner einfachsten Form fast ganz und gar demjenigen der Monokotyledonen (man vergleiche z. B. Fig. 115 mit Fig. 106). Sein Holztheil besteht aus wenigen gestreckten, in der Regel minder stark verdickten porösen Holzzellen, welche sich bald mehr dem gestreckten Parenchym nähern, bald wirkliche Faserzellen sind, aus dünnwandigem, meist in der Nähe der Gefässe stehendem Parenchym und aus Gefässen, welche als deutlich aus Röhrenzellen zusammengesetzt erkannt werden. In Bezug auf die Verdickungsweise findet sich gleichfalls eine fast vollkommene Uebereinstimmung mit den Monokotyledonen. Die innersten, engen und ältesten Gefässe sind

Ringgefässe, hierauf folgen weiter, dann enger gewundene Spiralgefässe, dann netzförmige und endlich, oft sehr weite, behöft poröse Gefässe. Der Basttheil enthält an seiner Grenze gegen die Rinde ein Bündel oder einen Halbmond von Bastfasern, welche, wie in den Aesten und dem Blattstiele von Cichorium, im Stengel von Chelidonium und Papaver, bald echte Faserzellen sind, bald sich mehr dem gestreckten Parenchym nähern und dann nur höchst gering verdickte Wände haben, wie im Stengel von Cucurbita, in den jungen Aesten und Blattstielen von Angelica. Nach

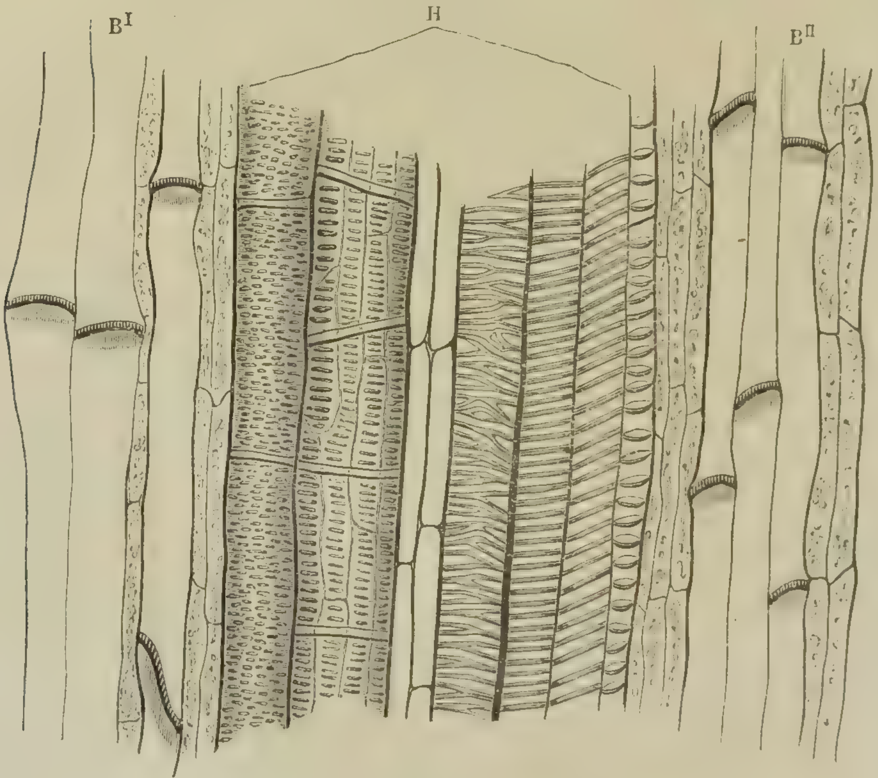
Fig. 116.



I. und II. Quer- und Längsschnitt durch das Gefässbündel von Bryonia alba. Vergr. 1 : 150. *H* Holztheil, B^{I} äusseres, B^{II} markständiges Bastbündel, *X* stärker verdickte (Faser-) Zellen des Bastes.

Innen von den Bastfasern steht ein Strang zartwandiger Elementarorgane, die sich häufig schon auf dem Querschnitte voneinander unterscheiden, indem die einen ein weiteres, die anderen ein engeres Lumen besitzen. Die ersteren stehen hier meist ohne eine bestimmte Ordnung zwischen den letzteren. Es sind dies die Bastgefässe, welche auf ihren Querwänden die Seite 132 von der einen Modification der Bastgefässe geschilderte Configuration beobachten lassen. Auf dem Längsschnitte sind ihre Wände

Fig. 116.



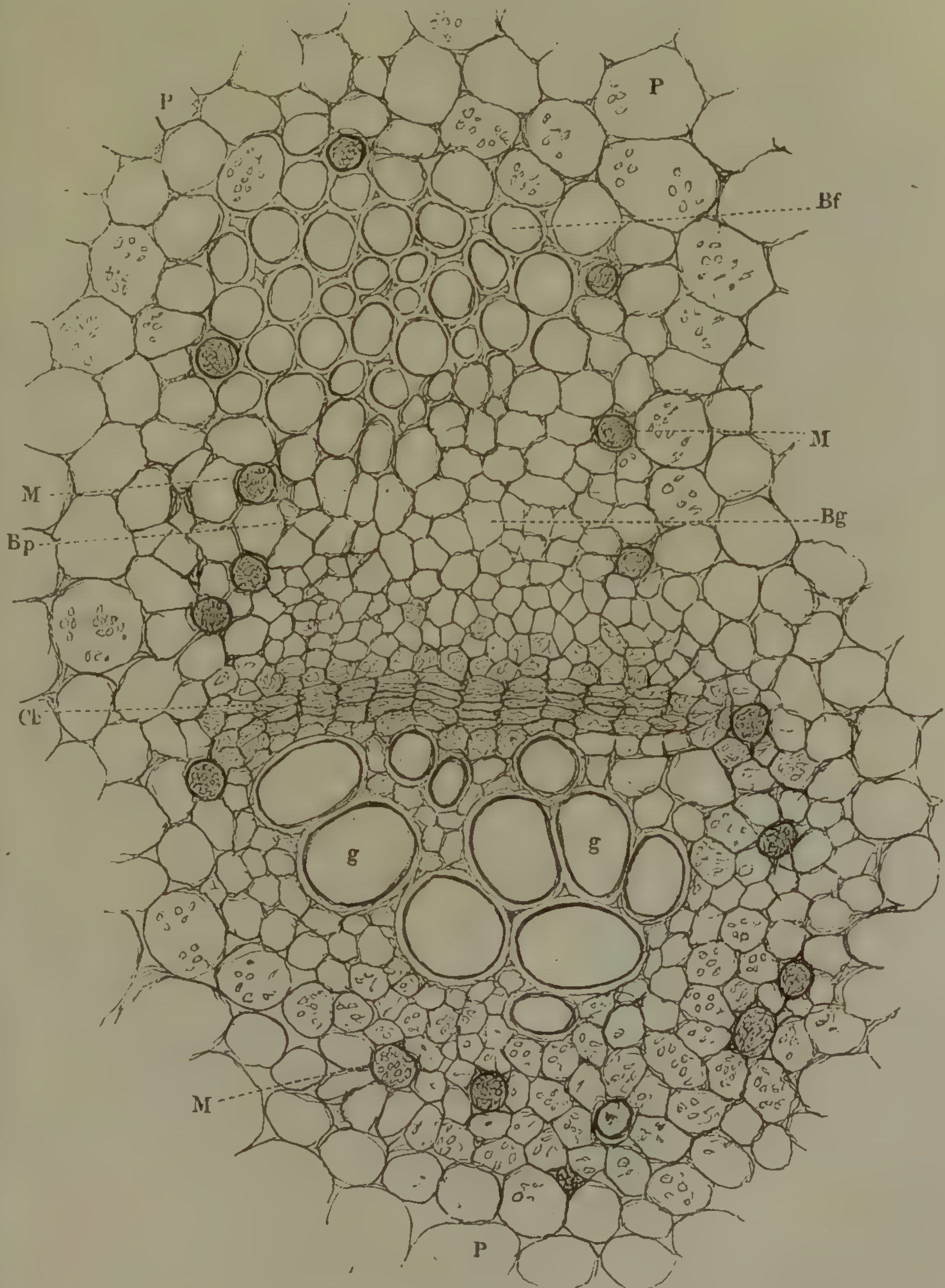
bald vollständig glatt, bald zeigen sie, und zwar dann, wenn sich die Wände zweier benachbarten Gefässe berühren, die bekannten Siebporen. Die engeren Zellen sind langgestreckte Parenchymzellen, denen hier und da (Cucurbita pepo) kürzere Chlorophyll führende Parenchymzellen beigemengt erscheinen.

Nächst dem der Rinde zugewendeten normalen Basttheile trifft man bei diesen isolirten Gefässbündeln häufig ein zweites, jedoch meist nur aus den dünnwandigen Elementarorganen bestehendes Bastbündel, welches den Holztheil gegen das Centrum des Stengels, d. h. gegen das Markgewebe hin, begrenzt (Bryonia, Cucurbita) (Fig. 116).

Die Milchsaftgefässe, welche hier bei einzelnen Gattungen und Arten

erscheinen, treten theils in dem Umfange — oft des ganzen Gefässbündels — theils in der Mitte des Basttheiles auf (Fig. 117, *M*, *M*).

Fig. 117.



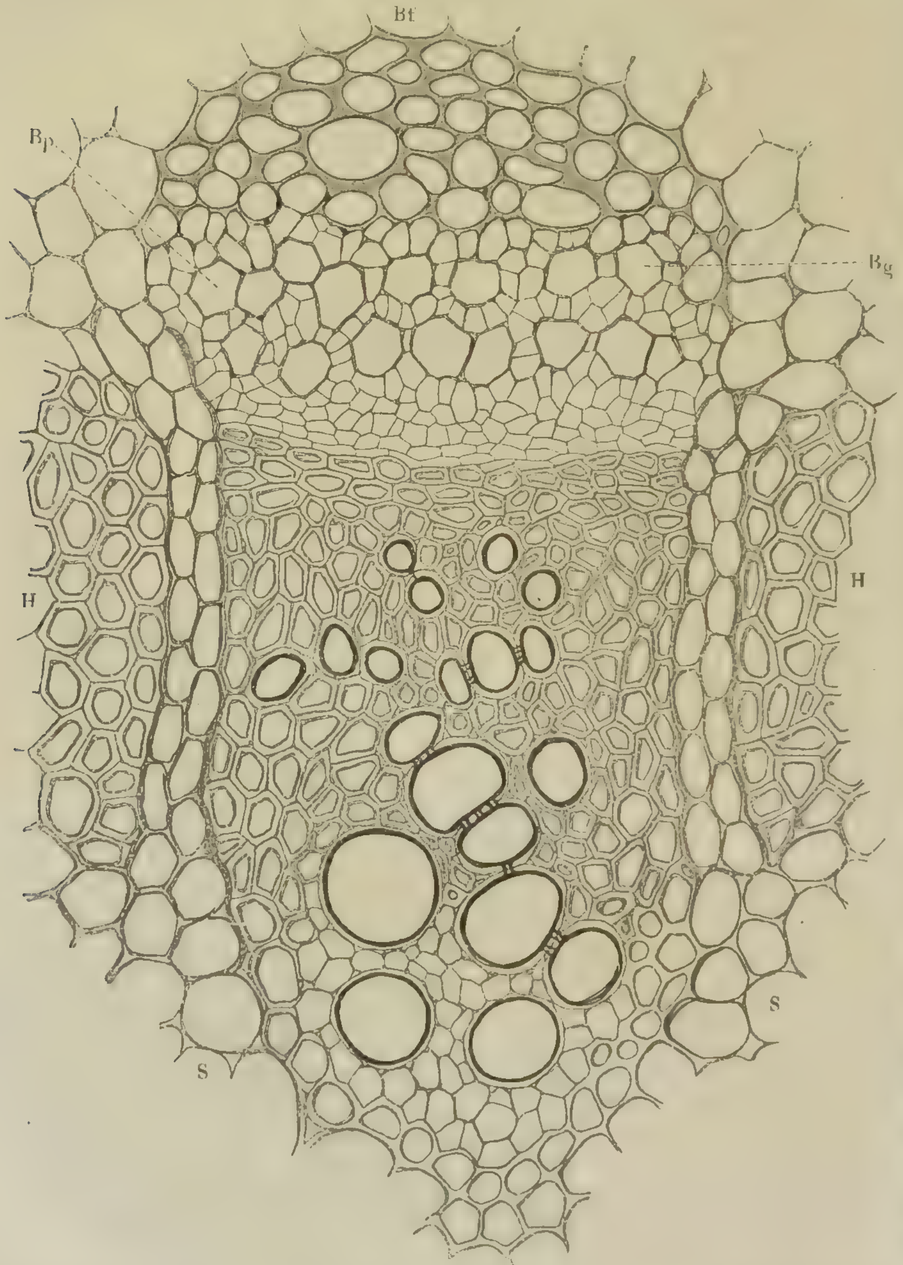
Querschnitt durch ein Gefässbündel von Chelidonium majus. *M* Milchsaftgefässe. *P* Zwischengewebe. Vergr. 1 : 360.

Die Cambiumschicht erleidet in der späteren Entwickelungsperiode eine volle Umbildung und verliert, wie bei dem Gefässbündel der Monokotyledonen, ihre Fortbildungsfähigkeit.

Ringförmige Gefässbündel der krautartigen Gewächse.

Den Uebergang von dem getrennten Gefässbündel der eben betrachteten Gruppe krautartiger Pflanzen zu dem Gefässbündel der holzartigen

Fig. 118.

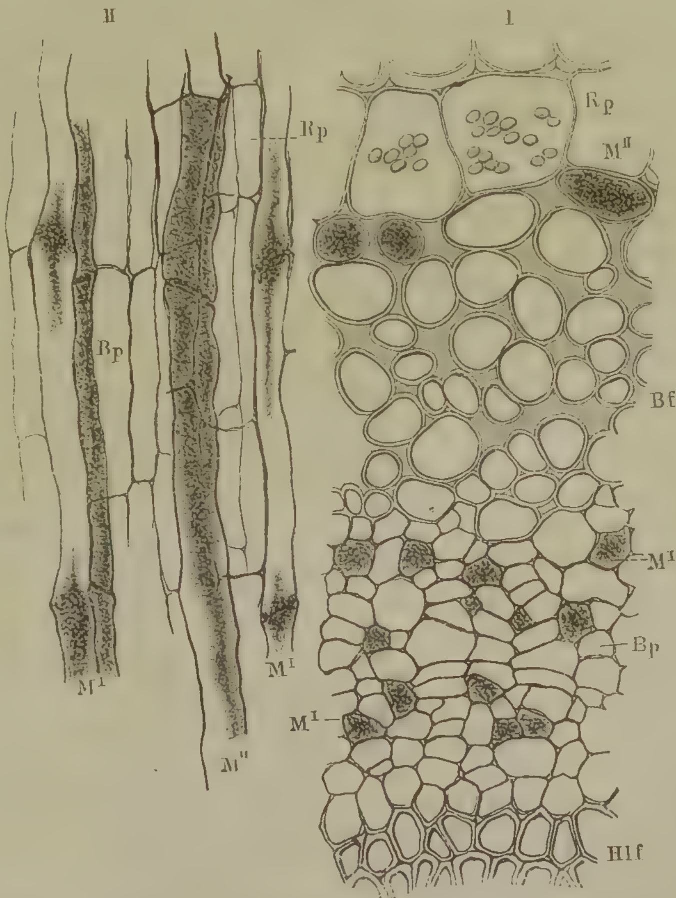


Querschnitt durch das Gefässbündel von Heraleeum spondylium. *HH* Holztheil des Gefässbündels, *SS* Markstrahlen. Vergr. 1 : 360.

Gewächse bildet eine Gruppe anderer krautartiger Pflanzen (Lactuca, Scorzonera, Carum, Angelica, Conium, Daucus etc.), bei denen, während die Bastbündel noch weiter von einander getrennt bleiben, zwischen dem anfänglich isolirten Gefässbündel aus einer Schichte von bildungsfähigem Parenchym: dem Verdickungsring, zunächst ein geschlossener, mit dem Cambium der Gefässbündel im Zusammenhang stehender Cambiumcylinder und aus diesem ein zusammenhängender, nur von engeren Markstrahlen unterbrochener Ring von Holzzellen hervorgeht, in welchem sich hier und da auch einzelne kleinere Gruppen der cambialen Zellen zu Gefässen ausbilden. Die Gefässbündel selbst, welche hier einen um das Mark geschlossenen Ring bilden, erleiden in ihrer Zusammensetzung keine Veränderung gegen die früheren.

Auch hier finden sich nach der Markseite hin bei einzelnen Pflanzenarten bald mit dem Gefässbündel in Verbindung stehende, bald isolirte, nahe dem Gefässbündel in dem Markgewebe liegende Bastbündel, welche aus nur dünnwandigen Elementen zusammengesetzt erscheinen.

Fig. 119.



I. und II. Quer- und Längsschnittparthie durch das Gefässbündel von Lactuca scariola. M^{II} aussenständige, M^{I} innere Milchsaftgefässe, *Rp* Rindenparenchym. Vergr. 1 : 400.

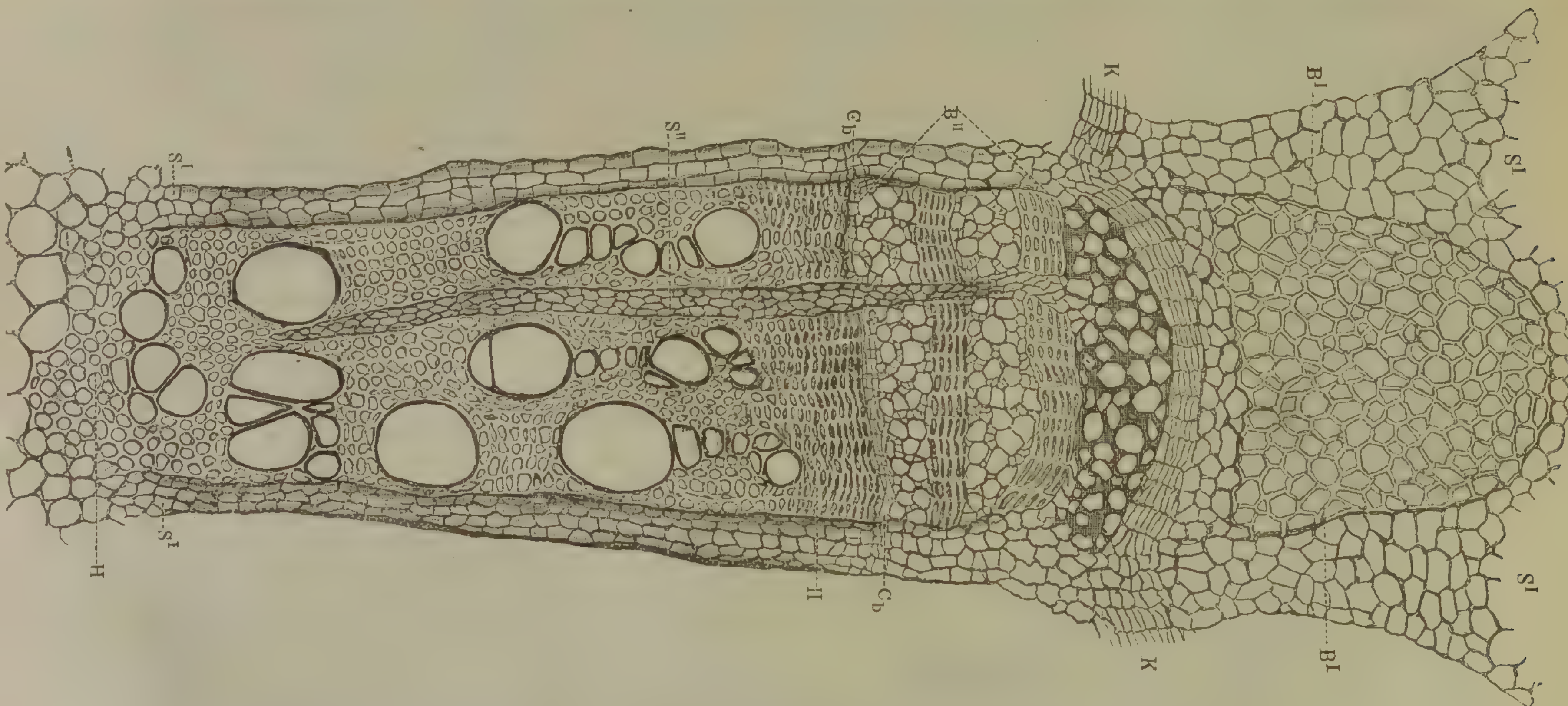
Eine Anzahl der in diese Gruppe gehörigen Pflanzen bildet von ihren Bastgefässen (Siebröhren) einen Theil, und zwar jene, welche an der Grenze des Basttheiles Stellung nehmen wohl alle, jene im Innern des Basttheiles wenigstens zum grossen Theil (Fig. 119 a. v. S.), durch den früher beschriebenen Process des Verschmelzens der Längswände zu den sogenannten Milchsaftgefässen um, welche durch Anastomosen sowohl unter sich, als mit den in der Rinde zu beobachtenden gleichen Elementen, seltener mit den im Innern des Basttheiles vorkommenden Bast- oder Milchsaftgefässen durch Anastomosen in Verbindung stehen.

Gefässbündel der dikotyledonen Holzgewächse.

Gehen wir endlich zu dem in den älteren Internodien einen vollständig geschlossenen Ring bildenden Gefässbündel der ausdauernden, namentlich der holzartigen Dikotyledonen über, welches, wie bei den krautartigen Gewächsen, seinen Ursprung aus isolirten Strängen von Cambium nimmt, aus denen sich die einzelnen Elementartheile hervorbilden, und bei welchen, wie bei den letztgenannten Pflanzen, erst im weiteren Verlaufe des Wachsthums die Vereinigung zu einem geschlossenen Ringe erfolgt, so finden wir Folgendes: Am Ende der ersten Vegetationsperiode erscheint dasselbe zwar noch dem oben beschriebenen Gefässbündel analog gebaut, unterscheidet sich aber doch schon durch das Auftreten von Gefässen in der zwischen den Erstlingsbündeln gelegenen Holzmasse, sowie durch die im ganzen Umfange des Stammes mehr gleichmässige Ausbildung des Basttheiles. Das Cambium verliert nach Abschluss dieser Periode seine Fortbildungsfähigkeit nicht. In der Ruheperiode der gemässigten Klimate verharren dessen Zellen in dem cambialen Zustande, um dann bei dem Erwachen der Vegetation im ganzen Umfange von Neuem die verschiedenen Elemente des Gefässbündels zu entwickeln. In der Regel sind es nur wenige, oft nur eine oder zwei Zellenreihen, welche im Cambiumzustande verharren, während die diesem zunächst gelegenen Zellenreihen eine Umbildung erleiden, die in Bezug auf die Verdickung der Zellstoffhülle sowie auf die räumliche Ausdehnung des Lumens meistens nur unbedeutend ist. So gleichen die dem Cambium zunächst gelegenen Zellen diesem noch fast vollkommen, zeichnen sich aber nach der Anwendung von Chlorzinkjodlösung sofort vor ihnen aus, indem ihre jüngsten Ablagerungsschichten Zellstoffreaction zeigen, während die wahren Cambiumzellen ungefärbt bleiben.

Holz- und Basttheil des Gefässbündels sind in dieser Gruppe am vollständigsten entwickelt (Fig. 120) und deren drei Elemente treten weit entschiedener hervor, als dies bei dem Gefässbündel der krautartigen Gewächse der Fall ist. Wir werden uns daher hier etwas eingehender mit denselben zu beschäftigen haben.

Zum Studium der verschiedenen Zellenarten und der Stellung, welche sie zu einander in dem nur von den Markrindenstrahlen, soge-



Erklärung zu Fig. 120. Querschnitt eines einjährigen Astes von Vitis vinifera als Typus des Gefässbündels der dikotyledonen Holzgewächse. *R* Rinde, B^{I} primäres Bastbündel, *K* Korkgewebe, B^{II} nachgebildeter Bast, *Cb* Cambium, *HH* Holztheil, S^{I} Markrindenstrahlen, S^{II} Bündelstrahlen (siehe Seite 256), *M* Mark. Vergr. 1 : 100.

nannten primären Markstrahlen (Fig. 120, S^{I}) ganz durchsetzten, von den später aus dem Cambiumringe neben den übrigen Elementen hervorgegangenen Bündelstrahlen, secundären Markstrahlen (Fig. 120, S^{II}) bis auf grössere oder geringere Tiefe zerklüfteten zusammenhängenden Gefässbündelkreise einnehmen, bedarf es nächst dem Querschnitte zweier Längsschnitte. Der eine muss parallel den Markstrahlen, der andere senkrecht gegen diese geführt werden (radialer und tangentialer Längsschnitt). Ausserdem gewähren — namentlich für die Kenntniss des Baues der einzelnen Zellenarten — die Macerationpräparate, welche man hier am leichtesten vermittelst der Anwendung von Salpetersäure und chlorsaurem Kali erlangt, ganz erhebliche Aufschlüsse.

Holztheil des Gefässbündels.

Holzfasern. — Die Faserzellen des Holztheiles, Holzfasern, Holzzellen, welche aus den langgestreckten parenchymähnlichen, höchstens stumpf gespitzten Cambiumzellen hervorgegangen sind, erhalten ihre faser- oder spindelförmige Gestalt in Folge der nach ihrer Entstehung stattfindenden Ausdehnung in die Länge, wodurch ihre Querscheidewände sich seitlich aneinanderlegen und je zwei übereinanderliegende Zellschichten ineinandergreifen. Dieselben zeigen in ihrem ausgebildeten Zustande mannigfache Verschiedenheiten in Bezug auf die Mächtigkeit der Verdickung ihrer Wände sowohl, als auf die Form der secundären Verdickungsschichten.

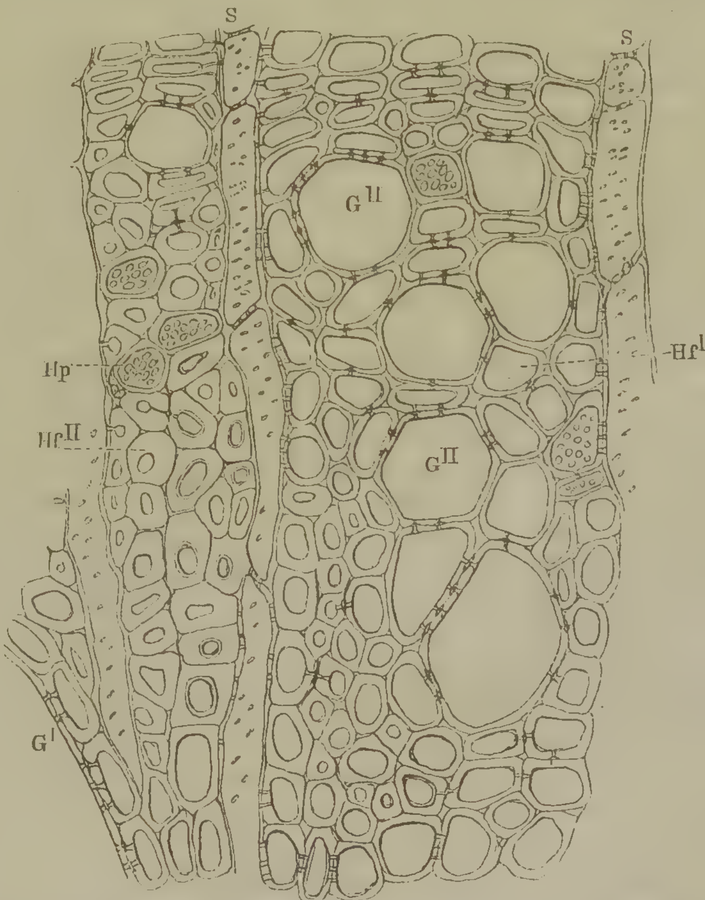
Eine Trennung in verschiedene Systeme und eine besondere (nicht einmal glücklich gewählte) Benennung dieser keineswegs auf wesentlichen Unterschieden beruhenden Modificationen der Holzfasern halte ich aber zur Zeit weder für begründet, noch für nothwendig; im Gegentheil verlieren wir uns damit in eine Zersplitterung der Elementarorgane, die nur zu Verwirrungen führt. Zunächst ist eine strenge Durchführung dieser versuchten Trennung nach meinen ziemlich umfangreichen Untersuchungen, ohne der Natur Zwang anzuthun, histiologisch nach keiner Seite hin durchzuführen, und dann stehen uns über das physiologische Verhalten der einzelnen Elemente des Holzkörpers noch lange nicht die Erfahrungen zu Gebote, welche uns mit einem Haupteintheilungsgrunde zu versorgen im Stande wären.

Alles, was wir vorläufig bei unseren Beobachtungen in histiologischer Beziehung thun können, ist, dass wir auf die Verschiedenheiten in der Formenbildung und dem chemischen Verhalten der Zellstoffhülle achten und dann nach den nöthigen Anknüpfungspunkten für das physiologische Verhalten suchen, welches etwa in einer gefundenen Formverschiedenheit begründet sein könnte. Letzteres ist aber bis jetzt nur in Bezug auf zwei jener Modificationen der Holzzellen geschehen, worauf wir gleich zurückkommen werden.

Was die Mächtigkeit der Verdickungsschichten betrifft, so findet in

der Regel eine ansehnliche Verschiedenheit zwischen den Holzzellen des inneren (Frühlingsholz) und äusseren Theiles (Herbstholz) der Jahresringe statt, indem die letzteren weit stärkere secundäre Verdickungsschichten entwickelt haben, als die ersteren. Dieser Unterschied tritt besonders merklich nur bei den härteren Laubholzarten und auch dann nie so stark wie bei den Nadelhölzern (siehe weiter unten) hervor, bei denen die Wandung der Herbstholzzellen oft mehr als um das Doppelte dicker ist, als die der Frühlingsholzzellen. Häufig genug ist indessen die Stellung in dem Jahresringe in dieser Beziehung kaum von erheblicher Bedeutung, und es zeichnen sich die Zellen des Herbstholzes nur durch ihre in radialer Richtung zusammengedrückte Gestalt aus, was sie anscheinend stärker verdickt erscheinen lässt. Auf der anderen Seite finden wir unabhängig von der eben berührten Stellung einen oft sehr bedeutenden Unterschied in der Wandverdickung. Hier sind es grössere oder kleinere, meistens gefässlose Gruppen des Holzkörpers, welche sich

Fig. 121.



Querschnitt durch das Holz von Quercus robur. Hf^{I} dünnwandige, Hf^{II} stark verdickte Holzfasern, G^{I} grosse, G^{II} kleine zwischen den dünnwandigen Holzzellen liegende Gefässe. Vergr. 1 : 100.

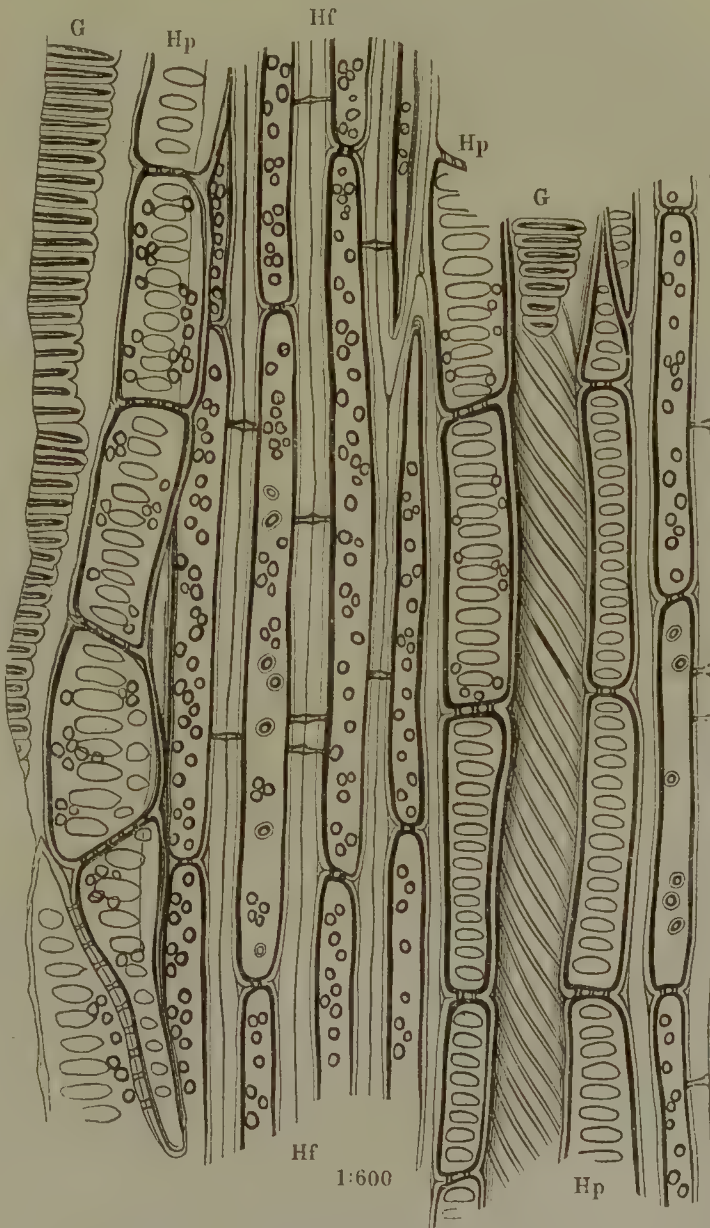
entweder in mit gefässführenden Gruppen dünnwandiger Holzfasern wechselnden unregelmässig zerstreuten Gruppen (Fig. 121, *Hf*"), oder in mehr regelmässigen, tangentialen oder radialen Bündeln angeordnet finden, deren Zellen eine, oft bis zum Verschwinden des Lumens gehende Verdickung der Zellstoffhülle zeigen, indem ihre secundären Verdickungsschichten in sehr bedeutender Mächtigkeit entwickelt sind (Quercus, Spartium, Urostigma, Ficus). Eine eigentliche Schichtung lässt sich nur in einzelnen Fällen in diesem Theile der Zellstoffhülle beobachten und es erscheinen dann die weicheren und dichteren Lamellen derselben Schicht nur äusserst wenig verschieden. Dagegen beobachtet man in dieser Partie der Wandung oft jene schon weiter oben beschriebene, von derjenigen der primären Zellstoffhülle, von welcher sie in der Regel scharf abgegrenzt erscheint, ganz abweichende gallertartige Beschaffenheit des Zellstoffes.

Die Configuration der Verdickungsschichten ist entweder auf die poröse beschränkt, oder es findet sich neben den Poren noch eine spiralige Verdickung in den jüngsten Schichten ein.

Die Poren sämmtlicher Holzzellen sind behöft. Allerdings ist der Hof bei sehr kleinen Poren und stark verdickter Wandung nur schwer zu erkennen. Dennoch aber kann er einer aufmerksamen Beobachtung nicht entgehen (Fig. 121 und 122). Die kleinsten, in der Regel auch mehr vereinzelt, aber allseitig vorkommenden Poren erscheinen stets bei den oben erwähnten, stärker verdickten Holzzellen des äusseren Theiles der Jahresringe sowohl, als der durch die Jahresringe verbreiteten Gruppen und Bänder, während sich die grösseren Poren in dem Frühlingsholze, wo sie in der Regel nur auf den radial verlaufenden Wandungen auftreten, sowie in den minder stark verdickten, die Gefässe begleitenden Holzzellen finden. Der Hof der grösseren wie der kleineren Poren besitzt im Allgemeinen eine kreisrunde, seltener eine elliptische Form. Der Porencanal dagegen ist meistens spaltenförmig und in der Richtung einer nach links aufsteigenden Spirale schief gestellt; in selteneren Fällen hat er eine annähernd kreisförmige Gestalt. Die in der Jugend immer geschlossenen Poren treten bei allen jenen Holzzellen, welche nur unter sich oder mit Gefässen in Verbindung stehen und in ihren späteren Lebensperioden Luft führen, durch die Resorption der Scheidewand mit einander in offene Verbindung. Dagegen bleibt bei jenen echten Holzzellen (Clematis, Sambucus, Berberis, Hedera etc.), welche auch in späterem Alter der Aufspeicherung von Stärke oder anderen Reservestoffen dienen, sowie bei den mit Markstrahlen oder Holzparenchym in Verbindung stehenden Holzzellen die Scheidewand erhalten. Bei einigen Pflanzengattungen (Vitis, Hedera, Punica, Rhus, Rubus etc.) tritt ausserdem, nachdem der Verdickungsprocess der stärkeführenden Holzzellen schon fast vollendet ist, eine Neubildung von Zellen ein, wodurch das Lumen einer jeden derselben in zwei oder mehrere parenchymatische Zellen getheilt und dieselbe zur sogenannten gefächerten Holzzelle wird (Fig. 122, *Hf*)

Diese gefächerten Holzzellen bilden gleichsam einen Uebergang zu dem eigentlichen Holzparenchym, das in seiner Entstehungsweise manche Uebereinstimmung mit ihnen zeigt.

Fig. 122.



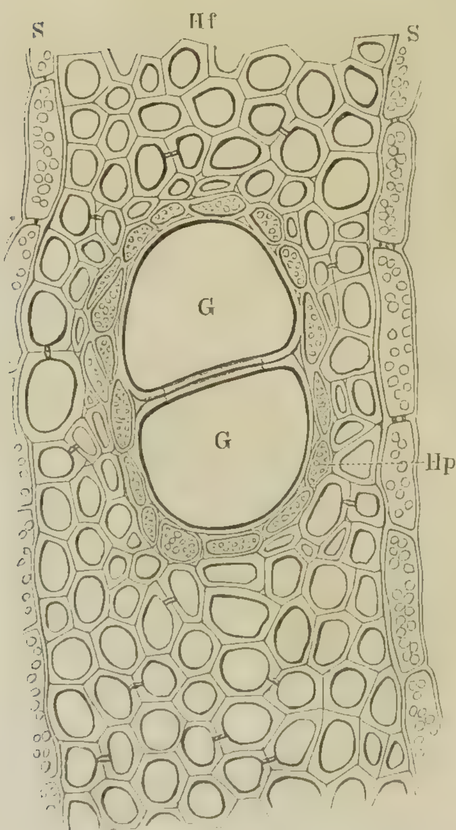
Längsschnitt durch das Holz von Vitis vinifera mit gefächerten Holzfasern *Hf* und die Gefässe umlagerndem Holzparenchym. Vergr. 1 : 600.

Die spiralförmige Verdickung ist im Ganzen ziemlich verbreitet und begegnen wir derselben, wiewohl seltener, sowohl bei den stärker ver-

dickten, als auch bei den minder stark verdickten Holzzellen. In seltenen Fällen bildet dieselbe ein schmales, nur der jüngsten Verdickungsschicht angehörendes Band (Lonizera, Daphne; häufiger nimmt sie die Form eines sehr breiten, schon in den älteren Hüllschichten auftretenden Bandes an (Viscum), welches nur schmale, immer mit den Porencanälen zusammentreffende, unverdickte Stellen zwischen sich lässt. Oefter nähern sich diese breiteren Bänder stellenweise so sehr, dass sie miteinander verschmelzen und schmale, spaltenförmige Streifen entstehen, deren Entstehung aus den ersteren man erst nach der Anwendung von auflockernden Reagentien zu erkennen im Stande ist.

Holzparenchym. — Die parenchymatosen Zellen des Holzkörpers, das Holzparenchym, fehlt mit wenigen Ausnahmen [Berberis, Mahonia (Sanio), Drimys, Winteri (Schacht)] kaum einer dikotylen Holzpflanze.

Fig. 123.



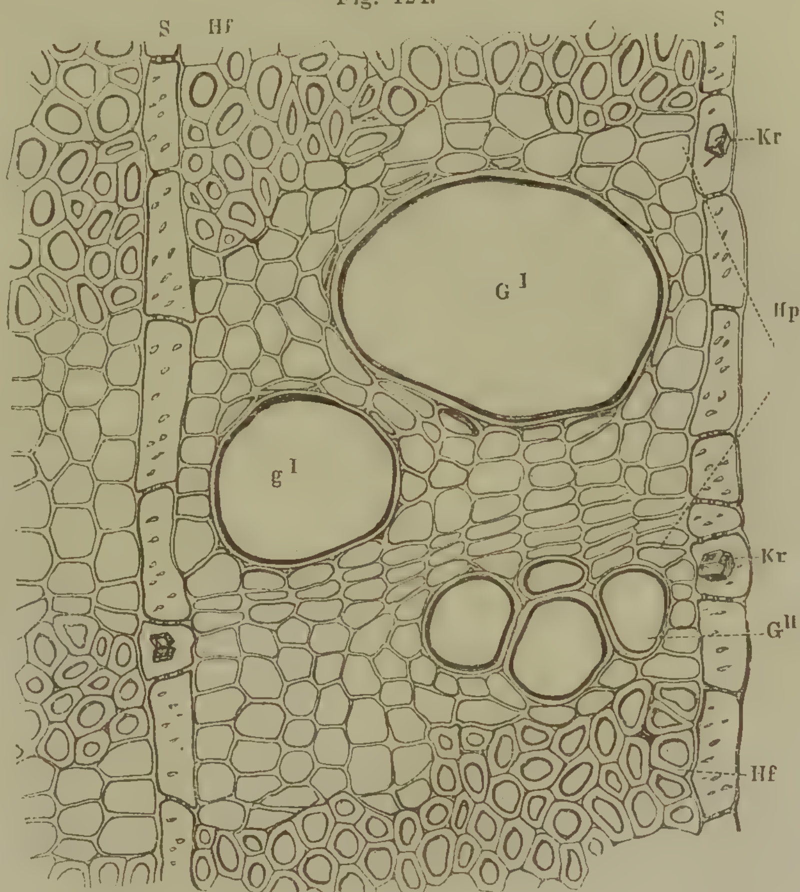
Theil eines Querschnittes durch das Holz von Vitis vinifera. Vergr. 1 : 400.

Es zeichnet sich durch eine minder starke Verdickung seiner Wandungen sowie dadurch aus, dass seine unbehöften Poren immer geschlossen sind und die spiraligen Verdickungsschichten gänzlich fehlen.

Die Stellung des Holzparenchyms inmitten der anderen Elemente des Holzkörpers ist verschieden. Bald erscheint es in unmittelbarer Nähe der Gefässe, dieselben in einfachen Lagen (Fig. 123), oder in grösseren mehr oder minder ausgedehnten Gruppen umgebend (Fig. 124), bald bildet es zusammenhängende, in tangentialen, concentrischen, ein- bis mehrzelligen Reihen angeordnete Binden (Fig. 125, I. und II., a. S. 238), bald findet es sich einzeln oder in kleinen Gruppen mehr unregelmässig zerstreut zwischen den dünnwandigen, nicht selten aber auch zwischen dickwandigen Holzzellen (Fig. 126, a. S. 239). Auf dieses Vorkommen, für das der Querschnitt in der Regel genügende Auskunft gewährt, ist na-

mentlich überall da zu achten, wo es die genaue histiologische Charakterisirung einer Holzart gilt.

Fig. 124.



Querschnitt durch das Holz von Robinia Pseud-acacia. Vergr. 1 : 400. G^I Gefässe des inneren, G^{II} des äusseren Theiles der Jahresringe, *Kr* Krystalle von oxalsaurem Kalke.

Die Entstehung des Holzparenchyms, über welche man sich am sichersten mittelst radialer und tangentialer Längsschnitte durch die Cambiumregion die erforderlichen Aufschlüsse verschaffen kann, erfolgt in dreierlei Weise. Bei solchen Pflanzen, wo die cambialen Zellen in ihrer späteren Entwickelung gar keine oder nur eine sehr unbedeutende Ausdehnung in die Länge erleiden, bilden sich bestimmte Cambiumzellen unmittelbar in Holzparenchymzellen um (Viscum). Bei anderen Gewächsen erleiden manche Cambiumzellen schon als solche eine Theilung in die Quere (Ficus, Urostigma, Spartium), und es geht daraus jenes oft kurz faserähnliche Holzparenchym hervor, bei dem man die Mutterzelle als solche nicht mehr erkennt. Endlich, und dies ist der häufigere Fall, theilen sich gewisse aus dem Cambium in den Holzkörper hinübergetretene jugendliche Faserzellen, nachdem sie bereits ihre primäre Zellstoffhülle abgeschieden haben, in eine bis mehrere Toch-

terzellen. Aus diesen Theilungsprocessen entsteht dann jenes am weitesten verbreitete Holzparenchym, bei dem die Tochterzellen noch durch die Faser-Mutterzelle zusammengehalten werden (Fig. 122, S. 235). Bei den oben in zweiter Linie genannten Gewächsen (Ficus, Spartium etc.) kommen beide

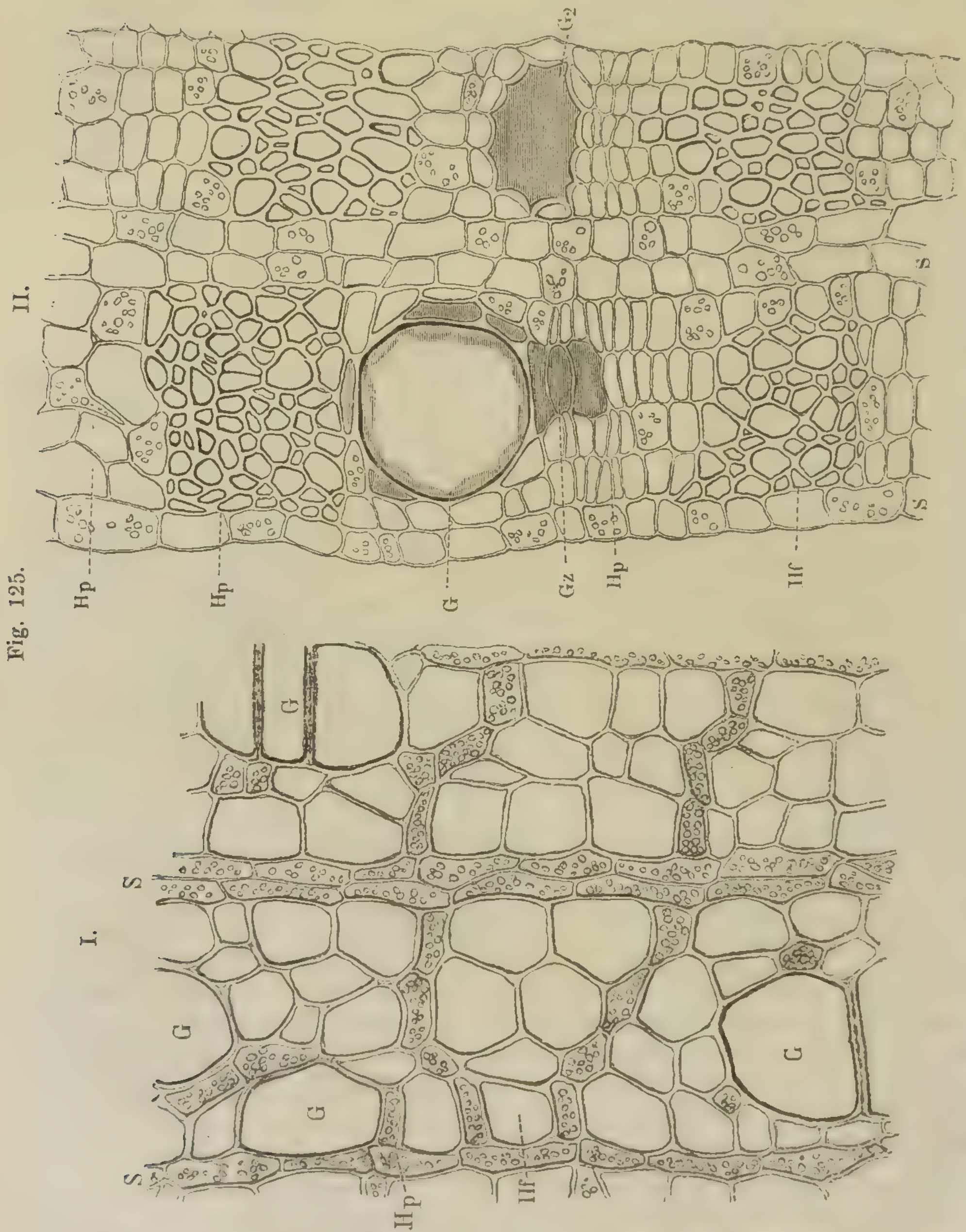


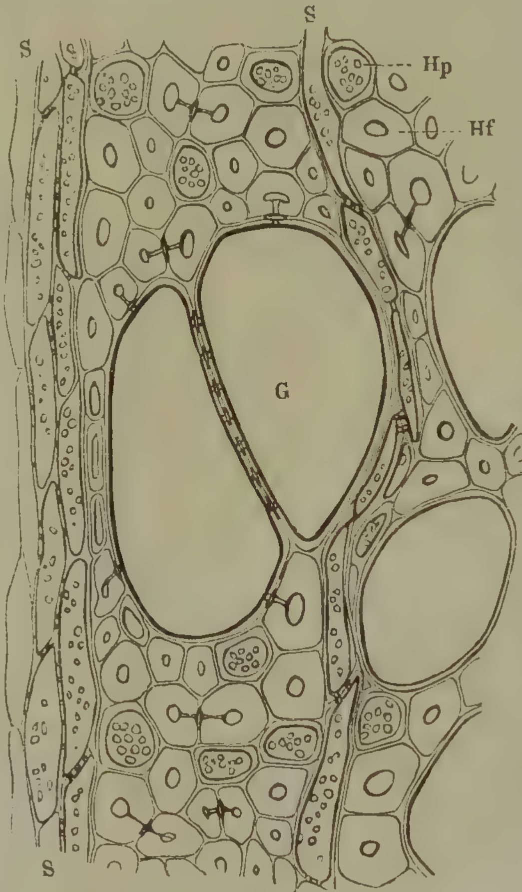
Fig. 125.

I. Querschnitt durch das Holz von Tilia grandifolia. Vergr. 1 : 400. — II. Desgleichen von Erythrina spec. *Gz* Zellen und Gang, welche eine gummiartige Substanz enthalten. Vergr. 1 : 200.

Theilungsvorgänge — indessen ganz sicher ohne bestimmte Regel — vor, weshalb sich sowohl zu einer grösseren Faserzelle vereinigte, als auch vereinzelte Holzparenchymzellen beobachten lassen. Diese letzteren Zellen von den

ersteren zu trennen, wie es neuerdings geschehen ist, dazu liegt durchaus kein Grund vor, da beide in ihren Functionen zunächst vollständig übereinstimmen und ebensowenig ihr Bau wesentliche Verschiedenheiten zeigt. Wo die betreffenden Stengelglieder nach der Entstehung dieser Zellen noch eine Längenerstreckung erfahren, da werden die horizontalen Scheidewände allerdings oft unter einem ziemlich schiefen Winkel geneigt, ohne aber eine völlig faserartige Zuspitzung zu erleiden. Wo diese scheinbar auftritt, ist sie nicht sowohl ein Naturproduct, als durch die Präparationsweise (Maceration und Zerren mit der Nadel) hervorgebracht. Die Form der secundären Verdickungsschichten und der Bau der Poren ist schon am Eingange im Allgemeinen hervorgehoben und es bleibt nur noch zu erwähnen, dass sich die Häufigkeit der Poren sowie deren Grösse nach der Umgebung des Holzparenchyms richtet. Wo dieses an Gefässe angrenzt, da zeigen sich die Poren zahlreicher und sind grösser, und zwar so, dass ihre Dimensionen den Höfen der dem Gefässe angehörigen Poren entsprechen. Dagegen beobachtet man überall da, wo Holzparenchymzellen nur untereinander oder mit Markstrahlenzellen in Verbindung stehen, spärlichere und kleinere Poren.

Fig. 126.



Parthie eines Querschnittes durch das Holz von Fagus sylvatica. Vergr. 1 : 400.

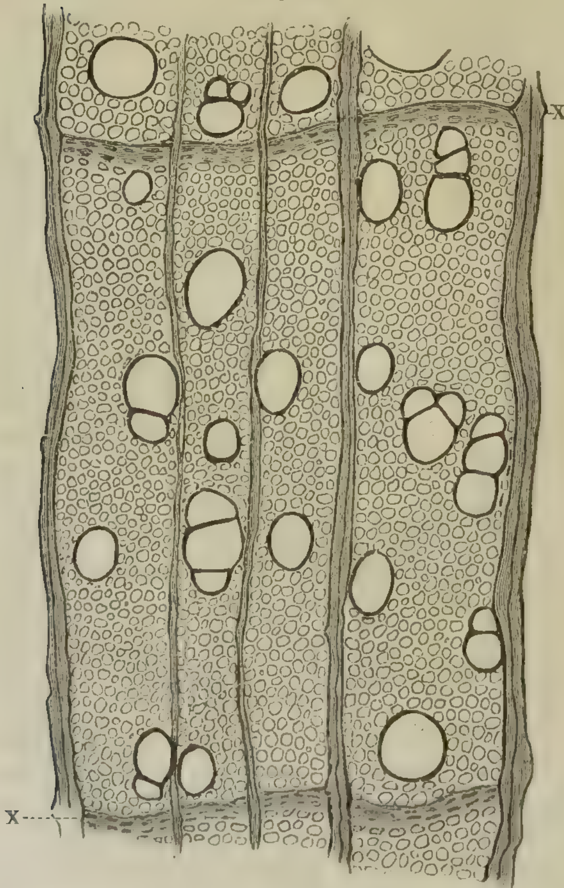
Das Verhalten der Zellstoffhülle sämmtlicher Holzparenchymzellen gegen Jod und Schwefelsäure sowie gegen Chlorzinkjod liefert den Beweis, dass der Verholzungsprocess ganz in derselben Weise erfolgt, wie bei der vorhergehenden Zellenart. Die primäre Zellstoffhülle sowie die secundären Verdickungsschichten sind immer verholzt; die tertiäre Verdickungsschicht dagegen zeigt nach längerer Einwirkung des Reagenses immer Zellstoffreaction, ist also gar nicht oder doch minder vollständig verholzt als jene. Ueber das Verhalten der ursprünglichen Zellmembran (des Primordialschlauches) habe ich mich noch nicht mit voller Sicherheit

überzeugen können. Ich habe indessen Grund zu vermuthen, dass dieselbe mindestens in vielen Fällen erhalten bleibt, aber nach der Abwickelung des Verdickungsprocesses mit der innersten Verdickungsschichte so innig verwächst, dass sie sich nicht unverletzt davon trennen und ebensowenig mit Bestimmtheit für sich beobachten lässt. Ich werde indessen meine Untersuchungen in dieser Richtung fortsetzen und empfehle denjenigen, welche sich dazu geneigt finden, die Behandlung mit Salpetersäure etwa unter Anwendung gradweiser Erwärmung als ein Mittel, was wohl am ehesten zum Ziele führen möchte.

Holzgefässe. — Die Röhrenzellen des Holzkörpers bilden in ihrer von der Auflösung der Querscheidewände begleiteten Verschmelzung in axialer Richtung das als Gefässe bezeichnete Elementarorgan.

Ueber ihren Bau im Allgemeinen ist schon in dem vorhergehenden Abschnitte gehandelt worden und bleiben hier nur noch einige Einzelheiten zu berühren, auf die man bei der Untersuchung des Holzkörpers der Dikotyledonen zu achten hat.

Fig. 127.



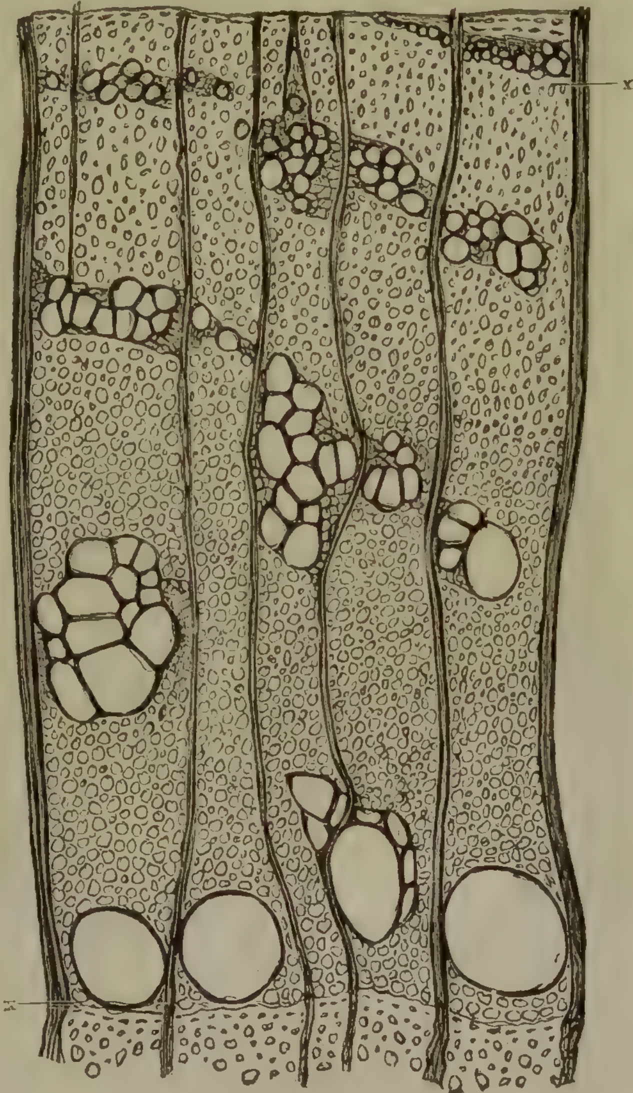
Querschnitt durch das Holz von Betula alba; *x*, *x* Grenzen der Jahresringe. Vergr. 1 : 100.

Was zunächst den Ort anbelangt, welchen die verschiedenen Formen in dem Gefässbündel einnehmen, so ist durch vielfältige Untersuchungen dargethan, dass von denselben jene drei Gefässformen, welche wir als Ringgefässe, Spiralgefässe und netzförmige Gefässe kennen, ihren Platz in der Nähe des Markes, und zwar in dem jüngsten Theile der primären Bündel einnehmen, während in den älteren Theilen der primären Gefässbündel sowohl als in dem zwischen diesen später entstandenen Holztheile nur behöft poröse Gefässe vorkommen.

Die Vertheilung in den Jahresringen unterliegt dabei mannigfachen Modificationen. Seltener sind die Gefässe annähernd gleichmässig über alle Theile verbreitet (Fig. 127).

Am zahlreichsten, entweder einzeln oder in kleineren, hie und da (Spartium, Ulmus u. s. w.) auch in grösseren Gruppen beisammen stehend, treten dieselben in dem inneren und mittleren Theile des Jahresringes, in dem sogenannten Frühlingsholze auf (Fig. 128). In dem äusseren Theile

Fig. 128.



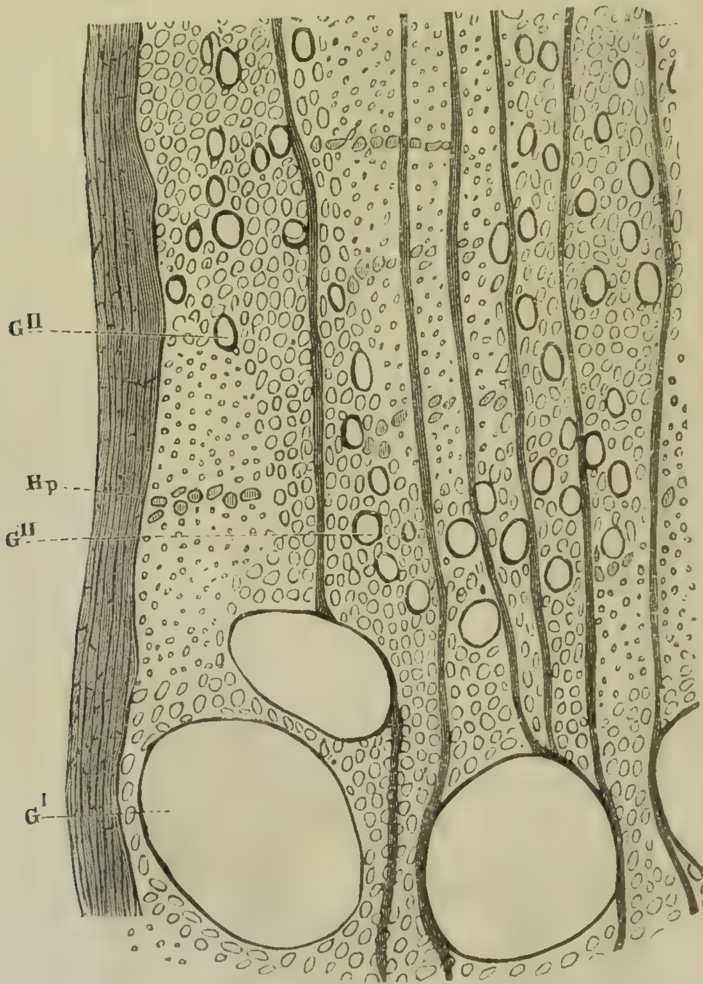
Querschnitt durch das Holz von Ulmus campestris. *xx* wie Fig. 127. Vergr. 1 : 100.

desselben, in dem Herbstholze, fehlen sie oft fast gänzlich und finden sich nur ganz vereinzelt (Fraxinus), oder sie bilden mit den weiteren dünnwandigen Holzzellen und dem Holzparenchym untermischte Gruppen (Quercus), welche mit Gruppen aus dickwandigen Holzfasern, denen die Gefässe fehlen, abwechseln (Fig. 129). Mit dieser Vertheilung verknüpft sich ferner noch der Umstand, dass die Gefässe des Frühlingsholzes in

der Regel ein weit bedeutenderes Lumen besitzen, als diejenigen des Herbstholzes.

Für die Charakteristik der verschiedenen Holzarten sind diese Ver-

Fig. 129.



Querschnitt durch das Holz von Quercus robur. G^{I} grosse Gefässe des inneren Theiles der Jahresringe, G^{II} kleine, die dünnwandigen Holzzellen begleitende Gefässe. Vergr. 1 : 100.

hältnisse, neben der Vertheilung der verschiedenen Modificationen der Holzzellen sowie des Holzparenchyms von Wichtigkeit, und hat man daher bei jeder in die Histiologie des Holzkörpers einschlagenden Untersuchung demselben die erforderliche Aufmerksamkeit zu widmen und namentlich Quer- und Längsschnitt aus verschiedenen Regionen der Stammkreisfläche, wie aus verschiedenen Höhen, aus Ast- und Wurzel-

holz zu beobachten, und diese Beobachtungen, wenn erforderlich, mit vergleichenden Messungen zu verbinden.

Die Gestaltungsverhältnisse der mit einander verbundenen Röhrenzellen selbst angehend, so ist zunächst auf die Durchbrechung ihrer Querscheidewände Rücksicht zu nehmen, und hat man namentlich auf das Vorkommen der sogenannten leiterförmigen und porösen Durchbrechung zu achten und zu erforschen, ob in dem Holzkörper einer Pflanze nur die eine oder die andere, oder ob beide Formen nebeneinander und in welchem Verhältnisse sie vorkommen. So beobachtet man z. B. bei Viburnum, Carpinus, Betula etc. nur leiterförmige, bei Quercus, Fraxinus, Clematis etc. nur poröse Durchbrechungen, während z. B. bei Lonicera Caprifolium, Platanus orientalis und Fagus sylvatica beide nebeneinander vorkommen.

Die Form der Verdickungsschichten verdient nicht nur Berücksichtigung im Allgemeinen, sondern es sind vorzugsweise auch jene Modificationen zu beachten, welche dieselbe gemäss der sie umgrenzenden Elemente des Holzkörpers erleidet. Es genügt zur Kenntniss dieser letzteren daher nicht, dass man die Gefässe nur nach einer Richtung hin betrachtet, sondern man muss sich eine möglichst allseitige Anschauung von denselben zu verschaffen suchen. Neben dem radialen und tangentialen Längsschnitte sind es daher vorzugsweise die Macerationspräparate, welche die erforderlichen Aufschlüsse gewähren, wenn man die einzelnen Gefässzellen unter dem Mikroskope um ihre Längsachse wendet und sie so von verschiedenen Seiten betrachtet.

Im Allgemeinen lassen sich die Formverschiedenheiten, welche in dieser Beziehung auftreten, in Folgendem zusammenfassen. Bei den einfach, d. h. nur in einer — hier der rund-, seltener länglich- (treppenförmig) behöft porösen — Form verdickten Gefässen erscheinen die Poren auf jenen Seiten am zahlreichsten, wo Gefässe an Gefässe oder an die dünnwandige Form der Holzzellen angrenzen. Hier erscheint der Hof der Poren zugleich am grössten und es verkleinert sich derselbe in entsprechender Weise, wo Gefässe an die dickwandigen Holzzellen angrenzen, während die Anzahl der Poren den Poren der umgebenden Zellen gemäss eine spärlichere wird. Die in die Quere gezogenen Poren nehmen dabei eine mehr rundliche Form an (Vitis vinifera). In beiden Fällen sind die Poren stets offen, d. h. die Scheidewand ist resorbirt. Grenzen Gefässe dagegen an stärkeführende Holzfasern, Holzparenchym oder Markstrahlen, so sind zunächst ihre Poren immer geschlossen. Im Sonstigen tritt ein ähnliches Verhalten ein, wie wir es bei den Holzzellen geschildert haben. Der Porus behält nämlich entweder ganz und gar seine normale Form bei, so dass bloss der Hof mit der Grösse der Poren des angrenzenden Elementes übereinstimmt, sich also etwaigen Falles nur etwas vergrössert oder verkleinert, während der Porencanal seine Dimensionen gar nicht ändert, oder es erweitert sich dieser letztere, so dass

der Hof beinahe verschwindet, ohne aber dass der Pore (des Gefässes) zur Form des einfachen zurückkehrt, wie das neuerdings behauptet wurde. Wo gemischte Verdickungsformen erscheinen, wo also neben den Poren noch Spiralbänder vorkommen, da verschwinden diese letzteren hie und da gänzlich an jenen Seiten der Gefässe, wo sie an Holzparenchym oder Markstrahlen stossen, während sie oft allein zurückbleiben, oder doch die Poren sehr spärlich werden, wo jene von den spärlich porösen, stark verdickten Holzzellen umgeben werden.

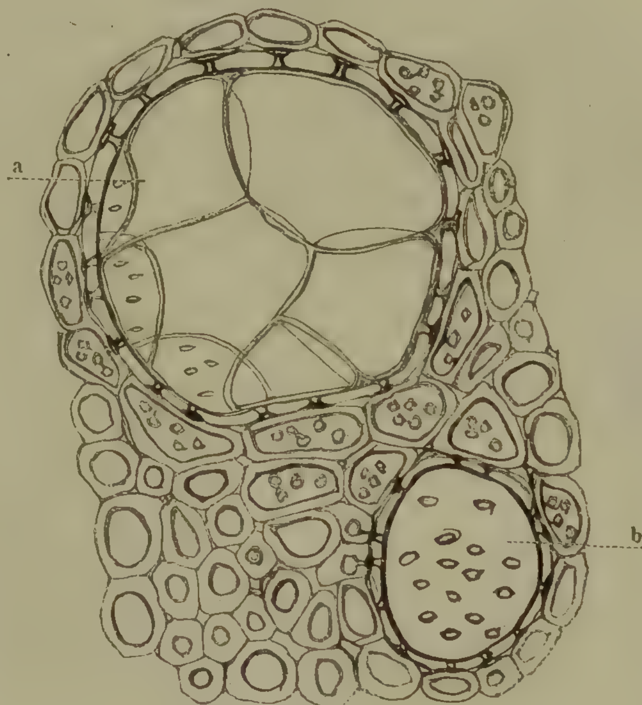
Die Verholzung der Gefässwände erfolgt in der Regel schon frühzeitig und sehr vollständig durch alle Verdickungsschichten, welche hier nur selten in bedeutender Mächtigkeit entwickelt sind. Dieselben führen daher auch nur in der ersten Zeit ihres Lebens Säfte, während sie schon bald mit Luft erfüllt erscheinen. Nur in vereinzelten Fällen findet man in den Gefässen gummi- und harzartige oder milchsaftähnliche Substanzen oder Farbstoffe (Periploca, Nerium, Angelica, Prunus, Chenopodium, Farbehölzer etc.), die aber ursprünglich sicher nicht in denselben enthalten waren, sondern aus den einzelnen Gewebeelementen in sie übergetreten sind.

Die Entstehung der Gefässe verfolgt man in dem Cambium des Gefässbündels. Aus diesem gehen sie entweder direct hervor, indem die hierzu bestimmten Zellen sich unmittelbar in Röhrenzellen umbilden, oder es erleiden die cambialen Zellen vorher noch eine Quertheilung und erfahren dann erst ihre weitere Umbildung. Eine solche Theilung der cambialen Gefässzellen, die sich schon durch eine grössere Weite vor den übrigen auszeichneten, habe ich bis jetzt bei Paulownia imperialis, Balsamina hortensis und Cucurbita pepo, sowie bei Brugmannsia suaveolens beobachtet, glaube aber, dass sie weiter verbreitet sein und sich namentlich bei allen jenen Pflanzen finden dürfte, deren Gefässe aus sehr kurzen Röhrenzellen zusammengesetzt sind.

Füllzellen, Thyllen. — Bei älteren Gefässen findet sich oft eine eigenthümliche Zellenbildung in dem Inneren, indem sie ganz von zartwandigen, rundlichen oder polyëdrischen Zellen (Füllzellen, Thyllen) ausgefüllt werden. Ich habe diese Erscheinung bei Urostigma, Nerium, Cucurbita, Vitis, Robinia u. s. w. beobachtet und mich davon überzeugt, dass die Bildung dieser Zellen mindestens zum Theil von den umgebenden Parenchymzellen ausgeht, deren Wände an den betreffenden Stellen durch die Poren in das Gefäss hineinwachsen, während sich in den Anstülpungen neue Zellen bilden und durch Theilung vermehren. Ob diese Zellen im jüngeren Zustande nicht auch in dem Gefässe selbst unmittelbar aus der betreffenden Röhrenzelle entstehen, habe ich zwar nicht direct beobachtet, doch glaube ich auf diese Entwickelungsweise aus manchen fertigen Zuständen solcher Ausfüllungen, namentlich auch in den zarten Bastgefässen mancher Monokotyledonen, z. B. Calamus u. s. w., schliessen zu dürfen. Es scheint dieselbe auch keineswegs unmöglich zu sein, indem

von den jungen Mutterzellen aus alle Bedingungen zu einer derartigen Umbildung gegeben sind.

Fig. 130.



Querschnitt von Vitis vinifera, welcher zwei Gefässe mit Füllzellen enthält. Bei *a* ein weites Gefäss mit zahlreichen Zellen, bei *b* die obere Wand einer der die ganze Weite des Gefässes einnehmenden, senkrecht über einander stehenden Zellen. Vergr. 1 : 400.

Basttheil des Gefässbündels.

Bastfasern. — Die Faserzellen des Basttheiles: Bastfasern, Bastzellen, gehen gleich denen des Holzkörpers aus dem Cambium, und zwar aus dessen nach der Rinde gewendeten Seite hervor. Man kann ihre Entstehung daher gleichzeitig mit jener der Holzfasern, Holzgefässe etc. verfolgen. In der Mehrzahl der Fälle wird man sich davon überzeugen können, dass sie unmittelbar aus den Zellen des Cambiums hervorgehen. Es giebt indessen auch unzweifelhafte Fälle, wo dieselben, wie dies von Schacht nachgewiesen wurde, durch Verschmelzung mehrerer cambialen Zellen gebildet werden. Letzteres scheint manchmal da der Fall zu sein, wo das Cambium verhältnissmässig kurze Zellen hat, während die Bastzellen einen sehr bedeutenden Längendurchmesser besitzen (Carica papaya und microcarpa). Indessen können auch aus verhältnissmässig kurzen Cambiumzellen sehr lange Bastzellen direct hervorgehen, indem deren Längenwachsthum jenes der übrigen Elemente des Gefässbündels bedeutend überwiegt.

Die Form der Bastzellen unserer ausdauernden Gewächse ist in der Regel eine rein spindelförmige. Nur in selteneren Fällen nähert sich dieselbe dem langgestreckten Parenchym, indem bei verhältnissmässiger Kürze an Stelle der endlichen Zuspitzung geneigte oder nahezu horizontale Querscheidewände auftreten, so z. B. bei manchen Cacteen und Euphorbien, bei Brugmannsia (Fig. 131). Verzweigte Bastzellen treten namentlich bei den Asclepiadeen und Apocyneen, und zwar am häufigsten in deren Blättern auf (Hoya, Vinca) (Fig. 12, VI., Seite 64), während die des Stengels meistens unverzweigt sind, sich aber durch ihre eigenthümliche stellenweise bauchig angeschwollene und dann wieder oft bis zum Verschwinden des Lumens verengte Form auszeichnen (Fig. 41, I. u. II., Seite 117). Gefächerte, den gefächerten Holzzellen ähnliche Bastzellen habe ich bis jetzt nur bei den Cacteen, bei Vitis vinifera und Sambucus racemosa gesehen, während sie von Sanio auch noch an anderen Gewächsen beobachtet wurden.

Fig. 131.



Bastzelle aus der Wurzel von Euphorbia.

Die Wanddicke der Bastzellen ist mit Ausnahme weniger Pflanzen (Urtica, Vitis, hie und da bei Urostigma und den Solaneen) sehr bedeutend, indem die secundären Verdickungsschichten mächtig entwickelt erscheinen. Diese letzteren lassen, soweit meine Erfahrungen reichen, fast immer eine deutliche Schichtung erkennen, die um so entschiedener hervortritt, je grösser der Querdurchmesser der betreffenden Zellen und je stärker die secundären Schichten entwickelt sind. Auf dem Querschnitte sowohl als auf dem Längsschnitt erscheinen die secundären Verdickungsschichten häufig von einfachen oder verzweigten Porencanälen durchbrochen, welche bei einigen Pflanzen minder zahlreich, bei anderen dagegen sehr zahlreich auftreten (Clematis, Brugmannsia, Lysimachia etc.). Die Poren selbst, welche sich bald allseitig, bald nur auf den den Markstrahlen zugewendeten Seiten finden, sind, soweit ich erkennen konnte, scheinbar unbehöft, meist spaltenförmig rechtsläufig schief gestellt, oft der senkrechten Achse der Zelle fast parallel. Neben dieser Verdickungsform kommen auch die schon bei den Holzzellen erwähnten spiraligen Streifen vor, welche häufig in verschiedenen Richtungen verlaufen (Brugmannsia suaveolens, Fig. 42, S. 117) und namentlich nach der Behandlung mit chlorsaurem Kali und Salpetersäure, mit beinahe concentrirter Schwefelsäure, oder selbst mit Chlorzinkjod deutlich hervortreten. Eine sehr scharf ausgeprägte spiralige Anordnung der secundären Verdickungsschichten, welche je nach ihrer Lage in verschieden alten Schichten bald einen links aufsteigenden,

bald einen rechts aufsteigenden Verlauf nehmen und so die weiter oben Seite 117 näher beleuchtete, zierlich rhombenförmige Zeichnung hervorrufen, beobachtet man bei manchen Asclepiadeen und Apocyneen (Vinca, Sarcostemma, Nerium, Oleander).

Die chemische Beschaffenheit der Verdickungsschichten und der Grad ihrer Verholzung wechselt bei den Bastzellen nicht minder, als bei den Holzzellen. Ganz unverholzte, d. h. durch ihre sämmtlichen Schichten mit Chlorzinkjodlösung sich violett, mit Jod und Schwefelsäure sich blau färbende Bastfasern, habe ich nur bei den Asclepiadeen und Apocyneen gefunden. Andere Gewächse (Cytissus, Ficus, Urostigma, Acer etc.) besitzen dagegen verholzte primäre Zellstoffschichten, während die secundären ganz oder zum Theil, ebenso die tertiären Wandschichten unverholzt bleiben und die eben erwähnte Reaction liefern. Hier unterscheiden sich die letzteren auch in ihrem optischen Verhalten schon deutlich von der primären Wand, von der sie scharf abgesetzt erscheinen, durch ihr gallertartiges Aussehen. In der Mehrzahl der Fälle sind sämmtliche Verdickungsschichten vollständig verholzt und färben sich nach der Anwendung der oben genannten Reagentien lichter oder dunkler gelb bis gelbgrün.

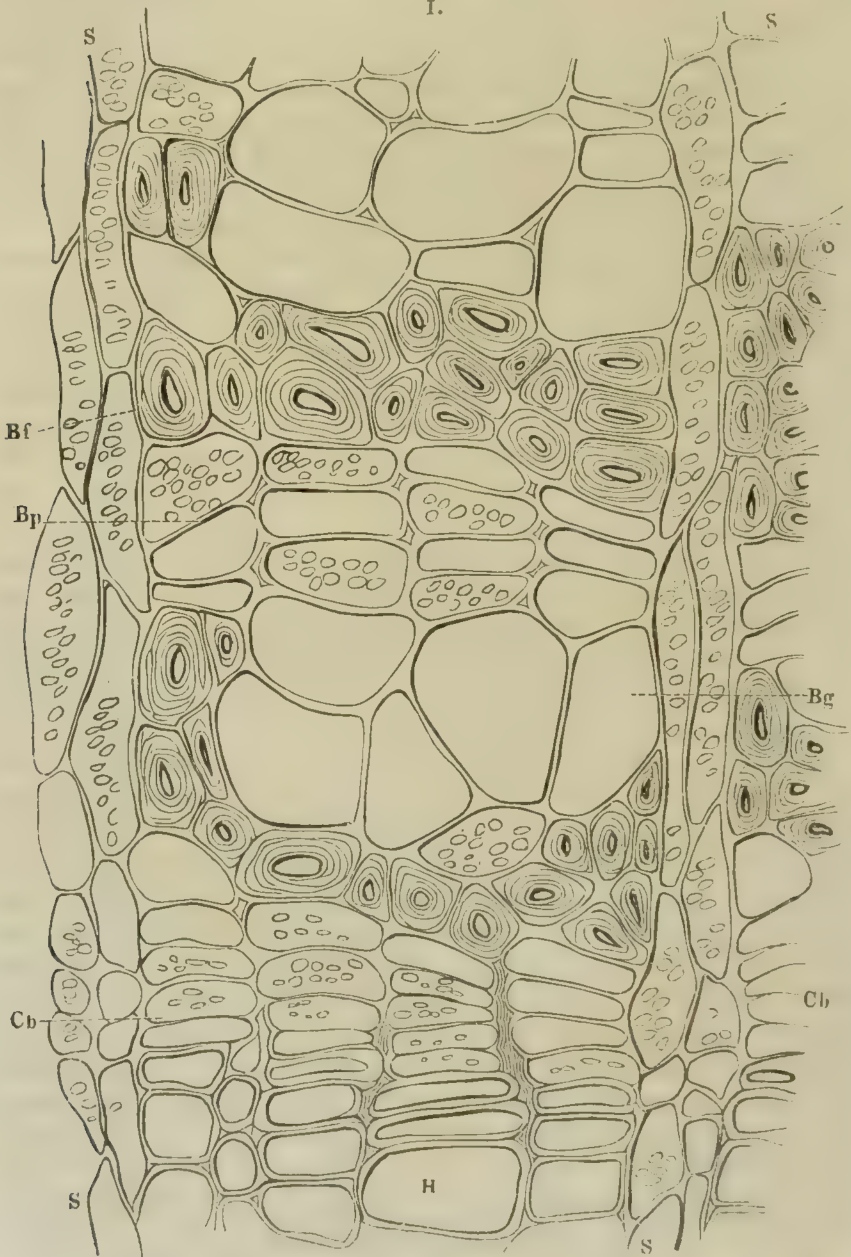
Die Entstehung der Verdickungsschichten verfolgt man an lebhaft wachsenden Zweigen leicht, indem man stufenweise mittelst Quer- und Längsschnitten von den jüngsten Internodien aus nach den älteren herabsteigt. An solchen Pflanzen, welche concentrische Schichten von Bastfasern bilden, kann man diesen Vorgang während der Wachsthumsperiode auch in älteren Aesten und Zweigen verfolgen.

Die Anordnung der Bastzellen in dem Gefässbündel wechselt mannigfach. Bei manchen Pflanzen (Fagus, Betula etc.), die nur ein primäres Bastfaserbündel entwickeln, bilden dieselben kleinere oder grössere zusammenhängende Gruppen, welche auf der Grenze des Basttheiles gegen die Rinde stehen und seitlich bloss durch die nach dieser Seite sich häufig stark verbreiternden Markstrahlen getrennt werden; bei anderen, welche alljährlich oder doch mehrmals während ihres Lebens sämmtliche Elemente des Bastes nachbilden, bilden sie radial angeordnete ein- bis mehrzellige Reihen (Clematis, Vitis, Fig. 122, *L*), oder grössere gleichgeordnete Gruppen (Tilia, Bignonia), welche seitlich durch die Markstrahlen in radialer Richtung, aber durch zwischentretende Lagen von Bastparenchym und Bastgefässen getrennt werden (Fig. 132, I. u. II., a. folg. Seite). In manchenFällen trifft man auch zu grösseren oder kleineren unregelmässigen Gruppen vereinigte oder ganz vereinzelt in dem Basttheile zerstreute Bastzellen (China, Asclepias, Hoya, Brugmannsia).

Der Inhalt der Bastfasern besteht für den grösseren Theil der Dikotyledonen in der Jugend aus einem protoplasmatischen körnigen Safte, in späterer Zeit aus Luft. Auch in den gefächerten Bastzellen habe ich bis jetzt keine Reservestoffe aufgefunden. Die Bastzellen der Asclepiadeen und Apocyneen dagegen führen auch noch dann, wenn sich

ihre Verdickungsschichten schon abgelagert haben, einen eigenthümlichen grünlichen Saft, den man lange Zeit für den eigentlichen Milchsaft dieser

Fig. 132.

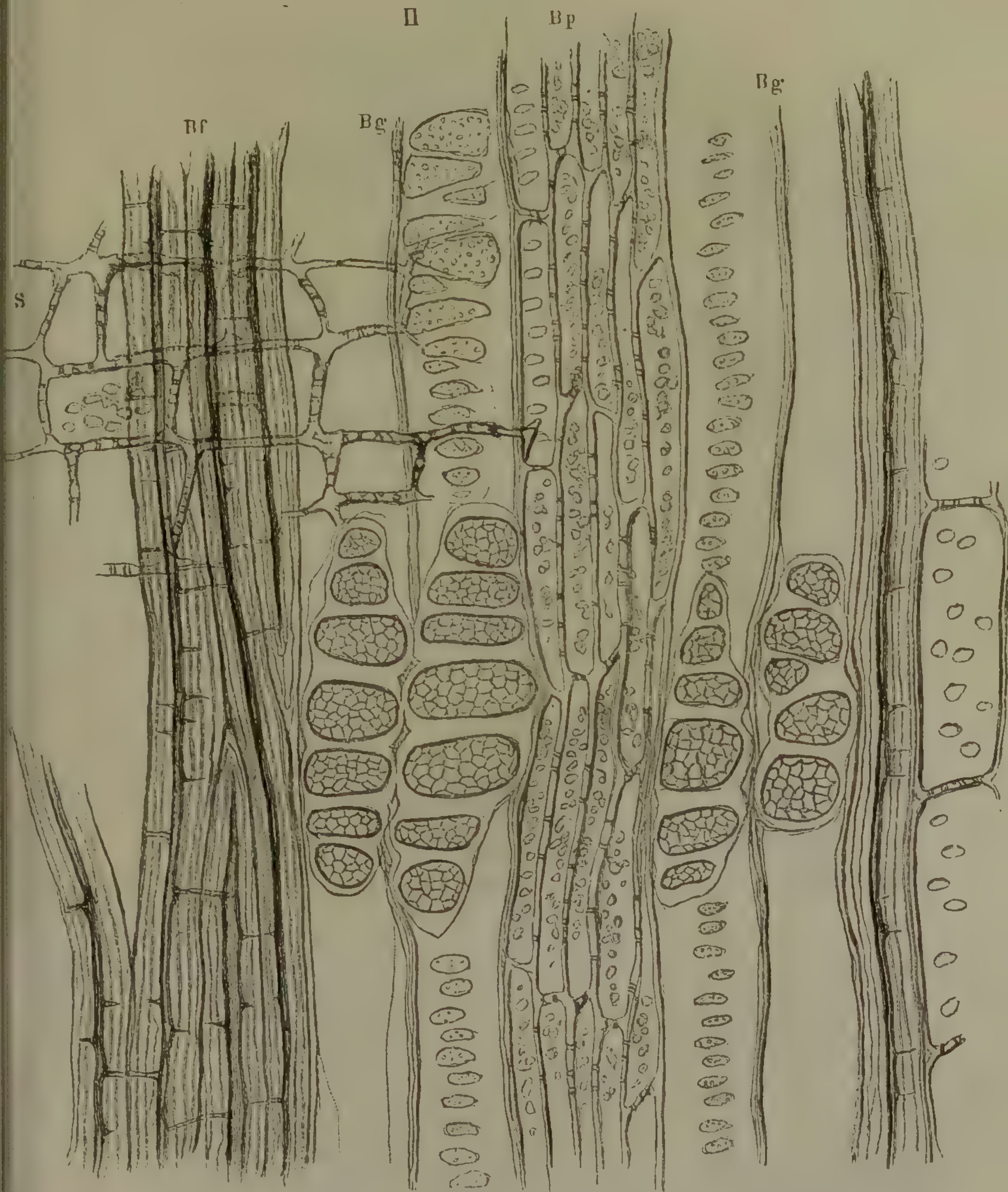


I. Querschnitt durch das Bastbündel von Tilia grandifolia. Vergr. 1 : 400.

Pflanzen gehalten hat. Jener Inhalt ist indessen, wie ich in meiner Niederländischen Preisschrift nachgewiesen habe, keineswegs mit dem in den

eigenthümlichen Bastgefässen enthaltenen Milchsafte identisch und verschwindet in älteren Zweigen sowie in dem Stengel bis auf einige ein-

Fig. 132.

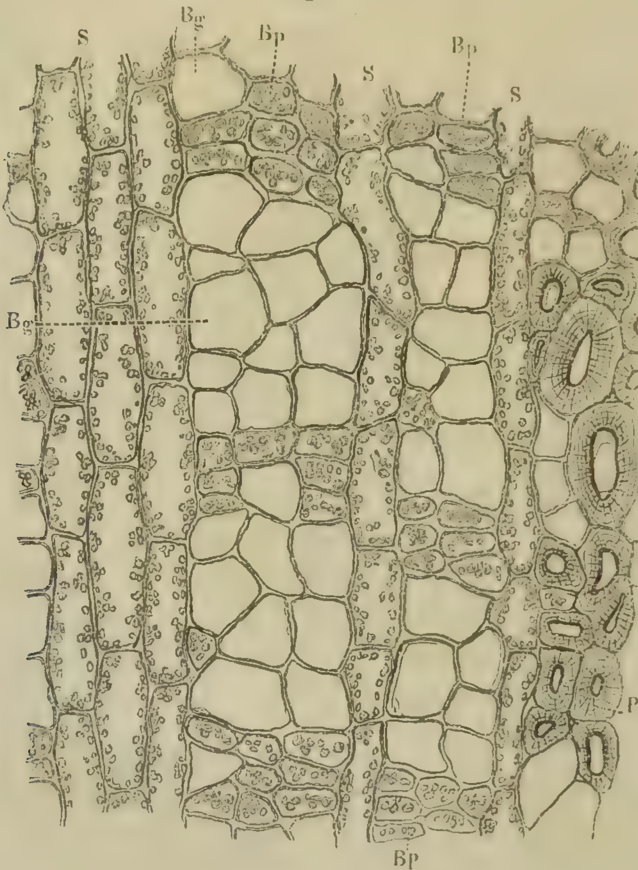


II. Längsschnitt durch das Bastbündel von Tilia grandifolia. Vergr. 1 : 400.

getrocknete Reste oder auch ganz und wird durch Luft ersetzt, während der letztere in seinen Gefässen enthalten bleibt.

Bastparenchym. — Das Bastparenchym, welches bald mit den Bastgefässen wechselnde, breitere oder schmälere tangentiale Binden bildet (Fig. 132 u. 133), bald mehr unregelmässig zwischen diese eingestreut

Fig. 133.



Querschnitt durch das Bastbündel von Betula alba. *P* stark verdickte und verholzte Parenchymzellen. Vergr. 1 : 400.

erscheint (Fig. 134), stimmt mit dem Holzparenchym sowohl in Bezug auf seine Entstehung, als auch auf seine Structur fast ganz überein. Die einzigen durchgreifenden Unterschiede, welche ich bis jetzt aufgefunden habe, bestehen darin, dass dessen Wandungen mit wenigen Ausnahmen minder stark verdickt sind als diejenigen der Holzparenchymzellen und dass seine hie und da ganz structurlosen Verdickungsschichten in der Regel unverholzt bleiben. Der Inhalt besteht während der Ruheperiode aus Stärke, die mit dem Beginn der Vegetation aufgelöst und durch die Markstrahlen (?) weiter geführt wird. In dem älteren Bastparenchym, welches dann häufig theilweise aus sehr kurzen, neben mehr gestreckten, stärkeführenden auftretenden Zellen besteht (Fig. 135), finden sich ausserdem fast bei allen von mir untersuchten Holzpflanzen ein oder

mehrere Krystalle oxalsauren Kalkes, welche dem monoklinischen oder schiefrhombischen Systeme angehören (Fig. 135, *Krp*). Nur bei einer

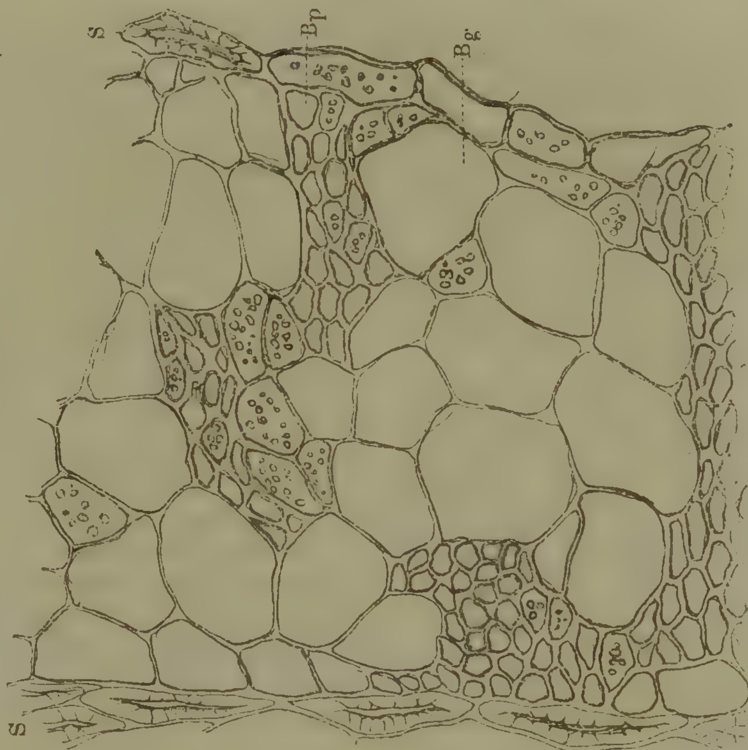


Fig. 134. Querschnitt durch das Bastbündel von Fagus silvatica. Vergr. 1 : 500.



Fig. 135. Längsschnitt durch das Bastbündel von Populus pyramidalis. Vergr. 1 : 400. *Krp* Krystallparenchym.

einzigen der von mir untersuchten Pflanzen, nämlich bei Styloceros Kunthea, habe ich bis jetzt Krystallformen (Octaëder) des quadratischen Sy-

stemes gefunden, welche bekanntlich in der Rinde und dem Marke mancher Monokotyledonen (Commelineen, Liliaceen, Orchideen) häufig vorkommen.

Das Bastparenchym ist bis jetzt noch wenig untersucht und verdient einer eingehenderen Beachtung, namentlich auch in Bezug auf den Einfluss, welchen die umgebenden Elementarorgane und namentlich die Bastgefässe auf die Configuration seiner Wände ausüben. Bei manchen Pflanzen scheinen die an das letztere Element angrenzenden Wandungen immer glattwandig zu sein (Vitis, Pyrus, Sambucus etc.), bei anderen sind dieselben dagegen allseitig mit unbehöften Poren besetzt, mögen sie an gleichartige Zellen oder an Gefässe grenzen (Tilia, Betula, Fagus). Ob die mit den Poren der Gefässe correspondirenden Poren des Bastparenchyms gegittert sind, habe ich bis jetzt nicht mit voller Sicherheit constatiren können.

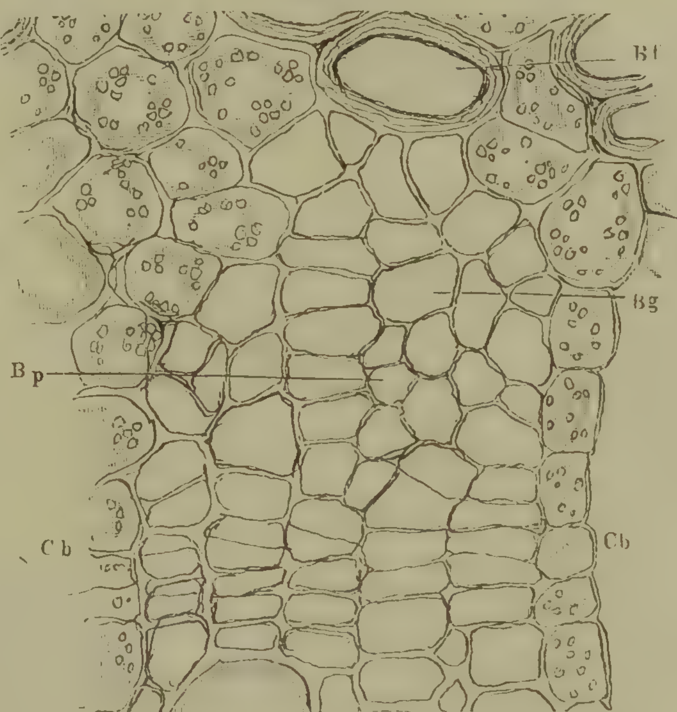
Bastgefässe. — Die Bastgefässe (Gitterzellen, Siebröhren), deren Stellung zu dem Gefässbündel und deren Vertheilung in Bezug auf die übrigen Elemente des Bastes man für die histiologische Charakterisirung der ausdauernden Gewächse die entsprechende Beachtung zuzuwenden hat, erscheinen in dem eigentlichen Basttheile des Gefässbündels bald mehr unregelmässig, einzeln oder in grösseren Gruppen (Fig. 134, a. v. S.) durch das Bastparenchym zerstreut (Clematis, Erythrina, Fagus, Acer), bald sind sie in ein- bis mehrreihige tangentiale, häufig einzelne Parenchymzellen aufnehmende Bänder geordnet (Bignonia, Tilia, Vitis etc.) (Fig. 119, 132 u. 133). In einzelnen Familien, z. B. den Asclepiadeen, Apocyneen und Solaneen, tritt vor jedem primären Gefässbündel im Marke ein von Bastparenchym und bei letzterer Familie auch von Bastfasern begleitetes Bündel von Bastgefässen auf (Fig. 136).

Eine etwas abweichende Stellung nehmen die milchsaftführenden Bastgefässe ein, indem sie sich bald zerstreut innerhalb der Bastfasergruppen, bald an deren äusseren Grenzen finden, bald sogar in das Rindengewebe hinübertreten (Urostigma, Ficus, Nerium, Periploca etc.). Bei den Carica-Arten nehmen sie sowohl ihren Platz zwischen den Gefässen des Holztheiles (Fig. 137, S. 254), als in dem Basttheile und der Rinde, wobei aber durch horizontale, den Markstrahlen parallel verlaufende Seitenäste eine Verbindung der in den verschiedenen Theilen des Gefässbündels vorkommenden senkrechten, auch seitlich mannigfach miteinander anastomosirenden Hauptstämme bewirkt wird.

Ueber den Bau dieses Elementarorganes ist schon Seite 132 u. f. mit genügender Vollständigkeit gehandelt und auch hervorgehoben worden, wie sich die Siebporen bald auf den dem Radius (Fig. 132, S. 249), bald auf den dem Umfange (Fig. 138, Seite 255) zugewendeten Seiten finden und in welcher Art der Einfluss der angrenzenden Zellenarten in dieser Beziehung geltend macht. Ich habe hier nur noch hinzuzufügen, dass die Seitenwände überall da ohne jegliche Configuration bleiben, wo die Bast-

gefässe an Bastfasern oder glattwandiges Bastparenchym angrenzen, dass sich dagegen bei Berührung mit porösem Bastparenchym die Gitterporen

Fig. 136.

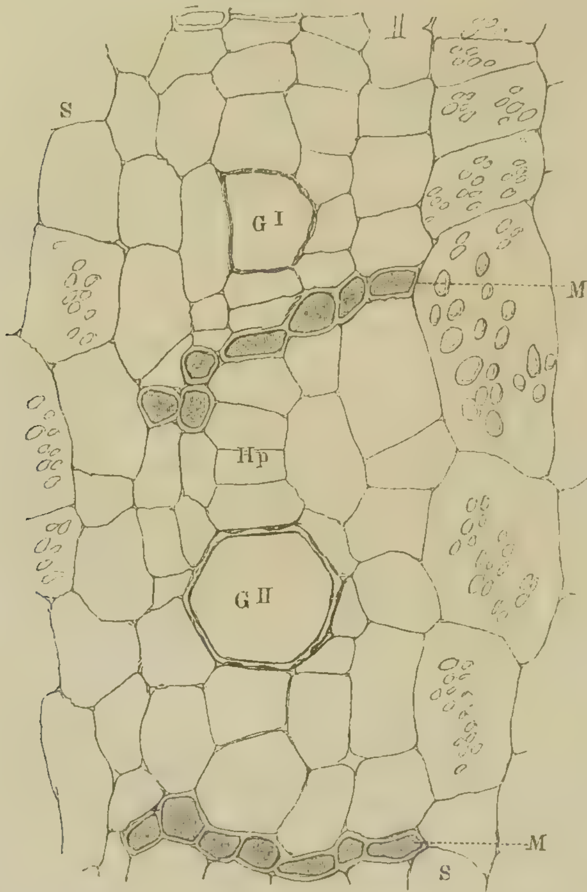




Querschnitt durch das Gefässbündel von Brugmannsia suaveolens mit markständigem Bastbündel. *Mp* Markparenchym. Vergr. 1 : 400.

ebenso einfinden als auf jenen Seiten, wo die Bastgefässe aneinandergrenzen, und dass sich dort die Grösse und Anordnung der Poren nach jenen des Parenchyms richtet.

Fig. 137.

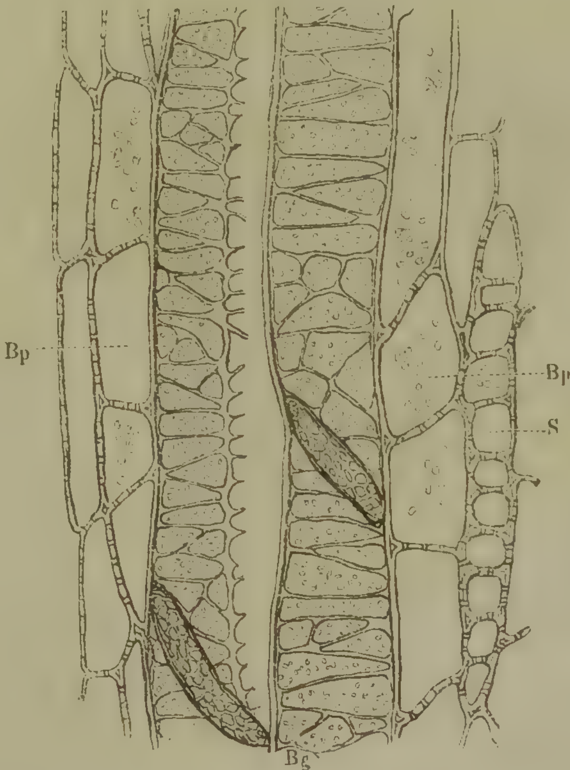


Querschnitt durch das Holzbündel von Carica microcarpa. *M* Milchsaftgefässe. *G*^I ganz junges, *G*^II älteres Holzgefäss. Vergr. 1 : 400.

Die Entstehung der Bastgefässe ist im Allgemeinen auf das Cambium beschränkt und lässt sich dieselbe sowohl in der Knospe als auch in dem Cambium der vegetirenden Achsentheile verfolgen. Diejenigen Milchsaft führenden Bastgefässe, welche vereinzelt und ohne Verbindung mit dem Gefässbündel in der Rinde und dem Marke vorkommen, gehen dagegen, wie ich nachgewiesen habe, direct aus dem Urparenchym hervor, indem sich die betreffenden Zellen, in denen die Quertheilung aufhört, während des Wachsthums der betreffenden Pflanzentheile bedeutend in die Länge strecken. Ob hier noch ausserdem eine Verschmelzung mehrerer Zellen zu einer einzigen längeren Röhrenzelle vorkommt, kann ich weder widersprechen noch behaupten.

Für die Untersuchung der Bastgefässe ist die Anfertigung recht zarter Schnitte zu empfehlen, und eignen sich die in verschiedenen Richtungen geführten Längsschnitte zur Erkenntniss der Einzelheiten im Baue weit mehr, als Macerationspräparate, namentlich solche, welche mittelst des Schulz'schen Gemisches gewonnen sind. Durch die chemische Behandlung werden nämlich die betreffenden Organe so durchsichtig, dass es häufig sehr schwer hält, sich ganz klar über deren Configuration zu unterrichten.

Fig. 138.



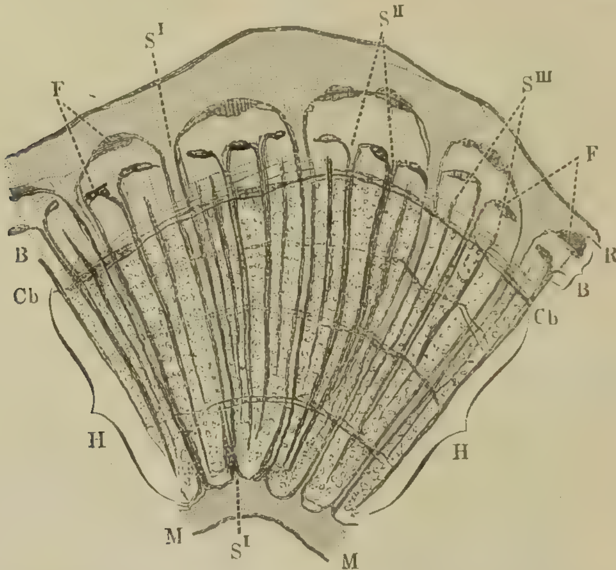
Tangentialer Längsschnitt durch den Basttheil von Fagus silvatica. Vergr. 1 : 500.

Der Querschnitt wird hier oft schon hinreichende Auskunft über die Vertheilung der Bastgefässe zwischen den übrigen Zellenarten des Basttheiles gewähren, namentlich da, wo sich dieselben durch ein verschiedenes Lumen, oder durch horizontale, gegitterte Querscheidewände von diesen hinreichend unterscheiden. Wo dieser nicht ausreicht, da giebt der Radialschnitt dann weitere Anhaltspunkte. Zum Studium der Configuration der Seitenwände sind immer die bekannten zwei Arten von Längsschnitten erforderlich, von denen die einen parallel, die anderen senkrecht zu den Markstrahlen geführt werden.

Das Zwischengewebe.

Das Zwischengewebe (Markstrahlen der Autoren) tritt entweder zwischen dem primitiven Gefässbündel in Form von schmäleren oder breiteren (Fig. 139, S^I), wenig- bis mehrreihigen, oder innerhalb dieser

Fig. 139.



Theil eines Querschnittes durch einen vierjährigen Trieb von Hedera helix. *R* Rinde, *B* Bastbündel, *F* Faserzellengruppen des letzteren, *Cb* Cambium, *H* Holz, *M* Mark, S^I Markrindenstrahlen, S^{II} primäre, S^{III} secundäre Bündelstrahlen. Vergr. 1 : 20.

letzteren (Fig. 139, S^{II}) in Form von meist ein- bis wenigreihigen, seltener mehrreihigen, in radialer Richtung verlaufenden Zellreihen auf.

Im ersteren Falle geht es in seinen ersten Anfängen unmittelbar aus dem Gewebe des Verdickungsringes hervor, welcher die Cambiumbündel voneinander scheidet, und wird in der Folge durch den aus diesem hervorgehenden, mit dem Cambium der Gefässbündel in Verbindung stehenden Cambiumring mittelst — mit dem Dickenwachsthume des Stengels in Verhältniss stehender — tangentialer Theilungen der betreffenden Mutterzellen fortgebildet. Es reicht hier von dem Marke aus bis zur Rinde, hält so die primitiven Gefässbündel getrennt, und darf füglich bloss hier den Namen Markstrahlen oder besser Mark-Rindenstrahlen führen. Im anderen Falle nimmt dasselbe seinen Ursprung stets aus dem Gefässbündelcambium, und zwar zunächst durch Quertheilung der betreffenden cambialen Mutterzellen. Die weitere Fortbildung geschieht dann in der gleichen Weise, wie bei den Mark-Rindenstrahlen, durch tangentiale Theilungen der aus dem Cambium hervorgegangenen Tochterzellen. Hier bezeichnet man das Zwischengewebe passend mit dem Namen Bündelstrahlen, und

unterscheidet zwischen primären Bündelstrahlen, welche schon in den primitiven Bündeln entstanden sind (Fig. 139, S''), und secundären Bündelstrahlen, welche erst in den nachgebildeten Holz- und Basttheilen auftreten (Fig. 139, S'''). Durch die Bündelstrahlen werden Holz- und Basttheil in schmälere, mehr oder minder tief in deren Körper hineinragende, keilförmige Bündel zerklüftet, was bei dem ersteren immer mit voller Klarheit hervortritt, bei dem letzteren dagegen nur da sich deutlich und bestimmt bemerkbar macht, wo derselbe gegen jenen nicht allzusehr in seiner Massenentwickelung zurückbleibt, so z. B. bei Clematis, Vitis, Tilia, Aristolochia, Bignonia u. s. w.

Die Mark- und Bündelstrahlen der dikotyledonen Holzpflanzen bestehen immer aus Parenchymzellen, welche meist eine in radialer Richtung stark in die Länge gezogene Gestalt besitzen, während sowohl der tangentiale als der axiale Durchmesser bedeutend verkürzt erscheinen, so dass sie auf dem Längsschnitte ein mauerförmiges Gewebe bilden. Nur an den Stellen, wo die Markstrahlen in das Mark- und Rindengewebe übergehen, erscheinen mehr isodiometrische Zellen, welche dem ursprünglichen, unmittelbar aus dem Verdickungsringe hervorgegangenen Scheidegewebe der Cambiumbündel, respective der primitiven Gefässbündel angehören.

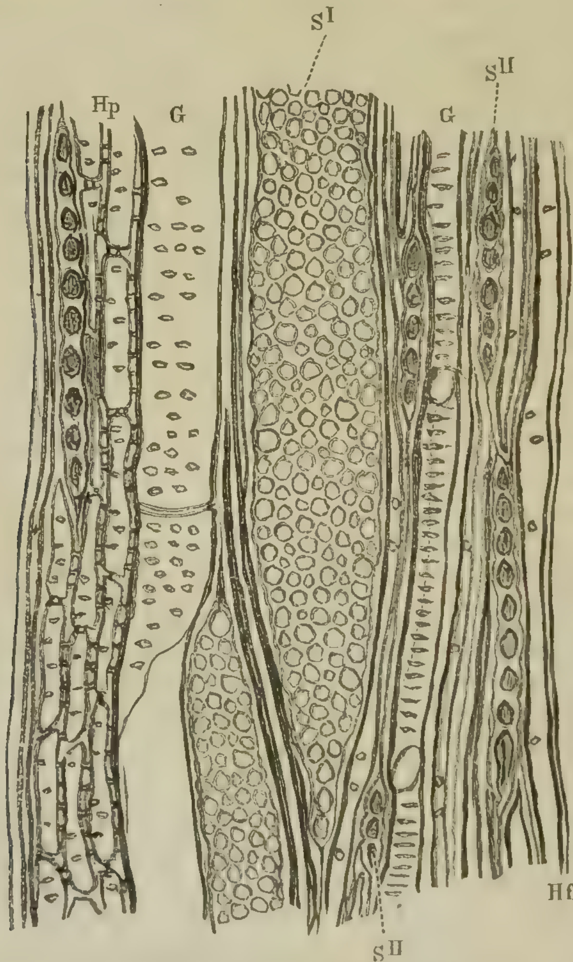
Die Verdickung der Zellstoffhülle ist in dem Basttheile des Gefässbündels mit wenigen Ausnahmen schwach, im Holztheile in der Regel nur mässig; hie und da treten aber auch hier nur schwächere (Cacteen) oder stärkere (Clematis, Fagus etc.) secundäre Verdickungsschichten auf. In dem Basttheile bleiben die Zellstoffhüllen des Zwischengewebes unverholzt; in dem Holztheile erscheinen dieselben in dem ersteren und letzteren Falle gleich jenen der Holzparenchymzellen verholzt, im zweiten dagegen zeigen sie, mittelst Chlorzinkjod oder Jod und Schwefelsäure behandelt, mehr oder minder reine Zellstoffreaction. Nur in einzelnen Fällen trifft man kleinere oder grössere Partieen der Mark-Rindenstrahlen in ein aus sehr dickwandigen, stark verholzten, harten Zellen bestehendes Gewebe umgewandelt (Fagus, Betula etc., Fig. 133, Seite 250). Von den verschiedenen Verdickungsformen tritt nur die poröse auf, und zwar sind die Poren, mögen die betreffenden Zellen an gleichartige oder ungleichartige Elemente des Gefässbündels grenzen, stets geschlossen.

Der Inhalt des Zwischengewebes wird in der Ruheperiode stets von deutlich ausgebildeten kleineren oder grösseren Stärkekörnern gebildet, während der Wachsthumsperiode enthalten sie dagegen nur in Wanderung begriffene Stärke nebst anderen bildungsfähigen Substanzen. Nur in minder häufigen Fällen finden sich in demselben zu gewissen Zeiten einzelne Krystalle (Rhizophora, Buxus) oder Krystalldrüsen.

Für die Charakterisirung des Gefässbündels und des Baues der Achsenorgane wird der Bau der Mark-Rindenstrahlen, sowie der Bündelstrahlen, welchen man mittelst Quer- und Tangentialschnitten zu verfolgen hat, von hoher Bedeutung. Man hat dabei zunächst ihre Breite, d. h.

die Anzahl der Zellenreihen, aus denen sie bestehen, dann ihre Höhe, d. h. ihre Ausmessung parallel der Achse des Gefässbündels, endlich ihre Länge, d. h. ihre Erstreckung in radialer Richtung zu berücksichtigen und zu untersuchen, in welchem Verhältnisse diese Dimensionen, namentlich für die Mark-, Rinden- und Bündelstrahlen, zueinander in verschiedenen Theilen des Gefässbündels stehen, und wie dieselben sich für dieselben Strahlen in dem Holz- und Basttheile gegeneinander gestalten. Um hier auf einige derartige Verhältnisse, auf welche bei der Histiologie des Stammes näher einzugehen ist, hinzuweisen, sei nur bemerkt,

Fig. 140.



Tangentenschnitt durch das Holz der Buche. S^{I} breite, S^{II} schmale Bündelstrahlen. Vergr. 1 : 200.

dass z. B. Eiche und Buche (Fig. 140) breite, mehrreihige (S^{I}), bei der ersteren höhere, bei der letzteren minder hohe und daneben noch schmale ein- bis zweireihige (S^{II}), der gemeine Ahorn sehr breite aber niedrige, und einreihige nur vier bis sechs Zellen hohe (Fig. 141), die Platane

fast nur breite, ziemlich hohe, der Tulpenbaum (Fig. 143, I.) zwei- bis dreireihige, höhere und niedrigere, die Heinbuche, die Linde, Birke, die Haselnuss (Fig. 143, II.) nur schmale ein- bis zweireihige niedrigere oder höhere (Fig. 143) Bündelstrahlen besitzen, und dass z. B. die Mark-Rindenstrahlen bei der Linde, dem Tulpenbaume u. s. w. während ihres

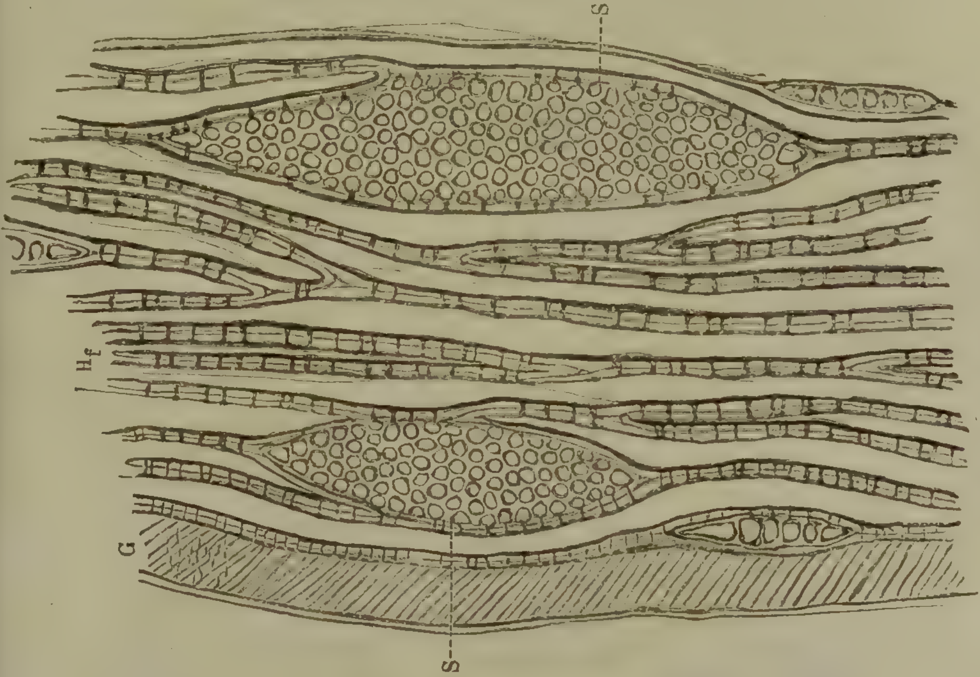


Fig. 141. Tangentenschnitt durch das Holz von Acer. Vergr. 1 : 200.

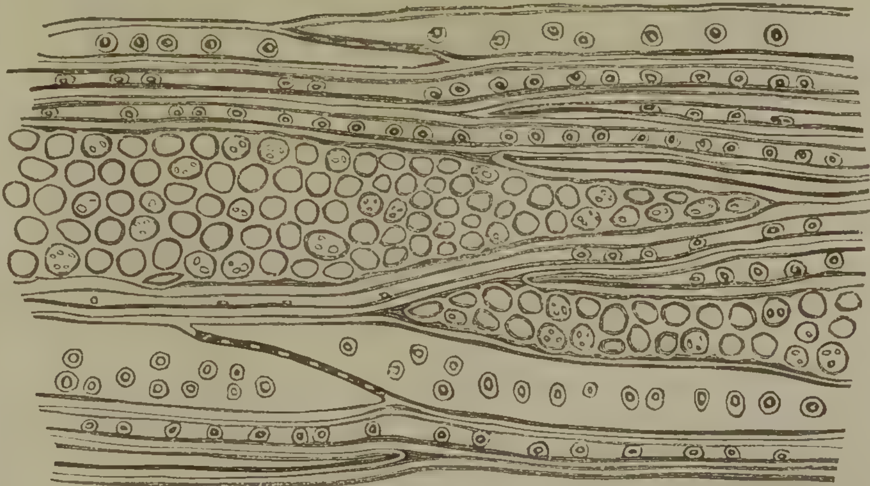


Fig. 142. Tangentenschnitt durch das Holz von Platanus. Vergr. 1 : 200.

Verlaufs im Holzkörper nur ein-, zwei- bis dreireihig sind, während sie sich zwischen den einzelnen Bastbündeln nach Aussen mehr und mehr verbreitern, so dass deren Zellen dort aus der radial gestreckten in eine in tangentialer Richtung gestreckte Gestalt übergehen.

Schleiden: Grundzüge, 3. Aufl. Bd. I., Seite 258.

Schacht: Lehrbuch der Anatomie und Physiologie, Bd. I., Seite 334, und der Pflanzenzelle.

Th. Hartig: Naturgeschichte der forstlichen Culturpflanzen.

Derselbe: Ueber die Querscheidewände der Siebröhren von Cucurbita. Botanische Zeitung 1854. Nro. III.

H. v. Mohl: Einige Andeutungen über den Bau des Bastes. Botanische Zeitung 1855. Seite 873.

Schacht: Die Milchsaftgefässe der Carica papaya. Monatsberichte der Königl. Akademie der Wissenschaften zu Berlin 1856, Seite 515.

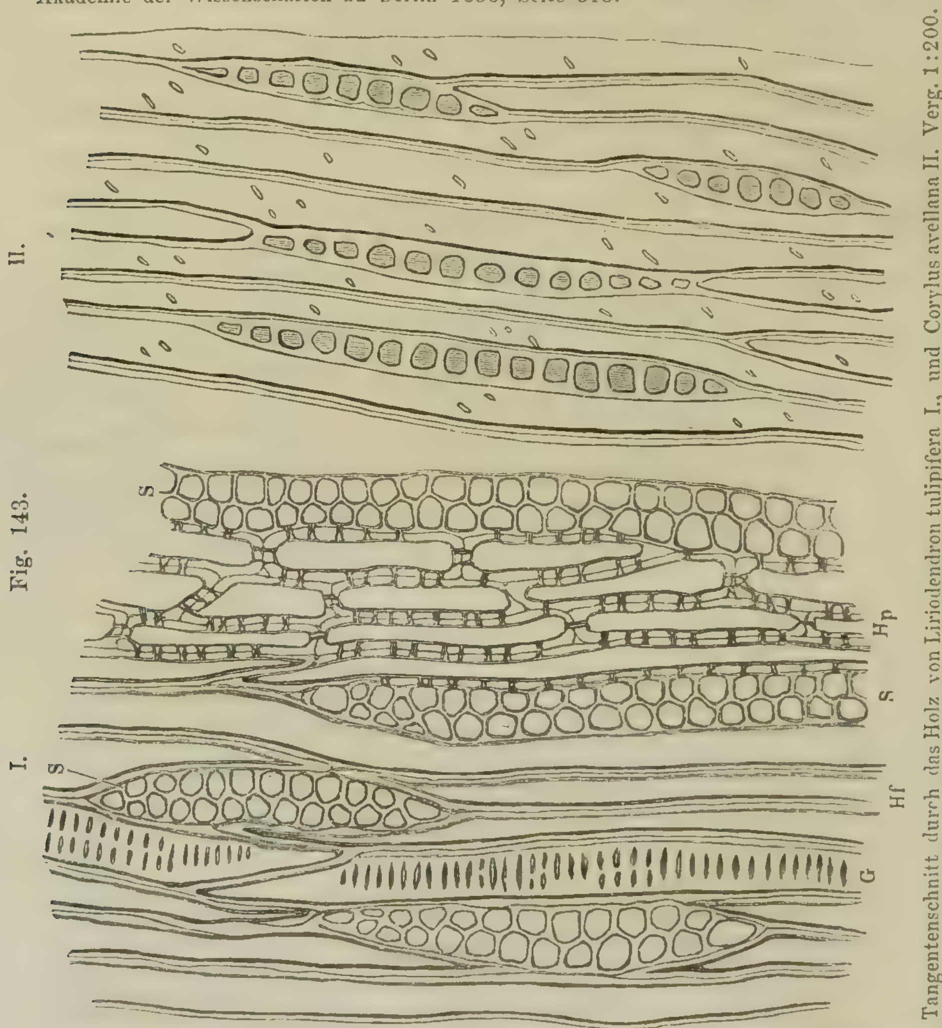


Fig. 143.

Tangentenschnitt durch das Holz von Liriodendron tulipifera I., und Corylus avellana II. Verg. 1:200.

Unger: Einiges über das Wachsthum des Baumes und die Bildung der Bastzellen. Denkschriften der Kaiserl. Akademie der Wissenschaften 1858, Bd. 16.

Hanstein: Ueber ein System schlauchförmiger Gefässe u. s. w. Monatsberichte der Königl. Akademie der Wissenschaften zu Berlin 1859, Seite 705.

Sanio: Untersuchungen über die im Winter Stärke führenden Holzzellen des Holzkörpers dikoryler Holzgewächse. 1848.

Th. Hartig: Uebersicht der anatomischen Verhältnisse des Holzkörpers. Botanische Zeitung 1859, Seite 110.

Nägeli: Ueber die Siebröhren von Cucurbita. Botanische Mittheilungen, Heft 1, 1861.

H. v. Mohl: Einige anatomisch-physiologische Bemerkungen über das Holz der Banianwurzeln. Botanische Zeitung 1862, Nro. 34 bis 36 und Nro. 39 bis 40.

Sanio: Vergleichende Untersuchungen über die Elementarorgane des Holzkörpers. Botanische Zeitung 1860, Nro. 11 bis 15.

Derselbe: Vergleichende Untersuchungen über die Zusammensetzung des Holzkörpers. Botanische Zeitung 1863, Nro. 47 bis 80.

Hanstein: Die Milchsaftgefässe und die verwandten Organe der Rinde. 1864.

Sanio: Ueber endogone Gefässbündelbildung. Botan. Zeitung. 1864, Nro. 27 bis 30.

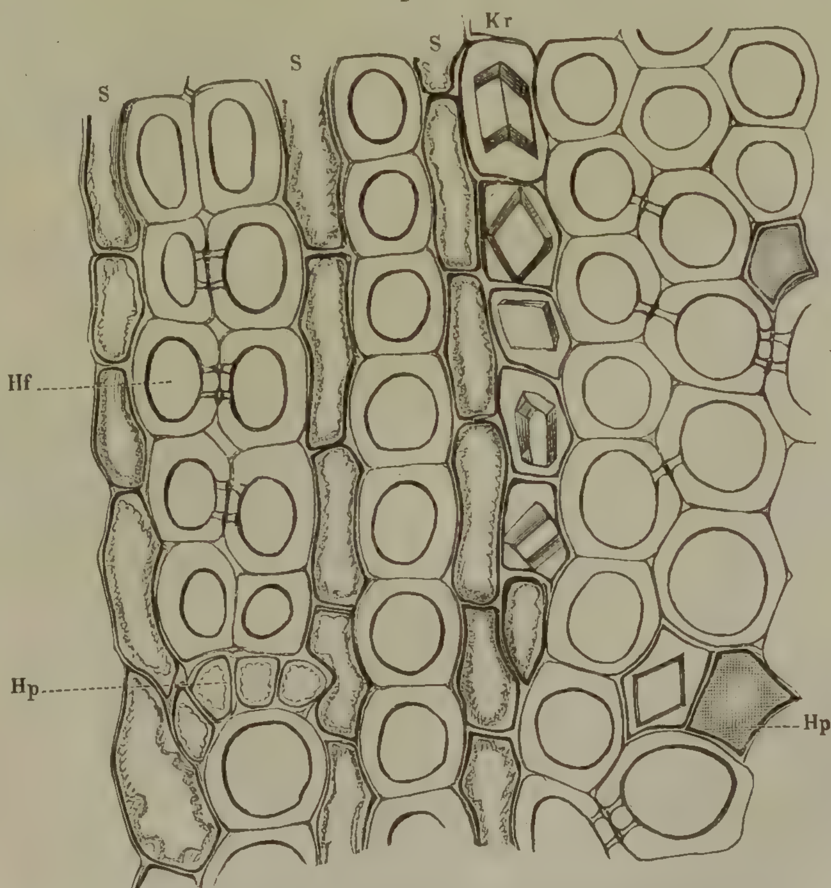
Dippel: Entstehung der Milchsaftgefässe und deren Stellungen in dem Gefässbündel der milchenden Gewächse. 1865.

Sanio: Einige Bemerkungen u. s. w. Botanische Zeitung 1865. Nro. 22 bis 25.

5. Gefässbündel der Cycadeen und Coniferen.

Das Gefässbündel dieser Pflanzengruppen stimmt in Bezug auf seine Entstehungsgeschichte und die Heranbildung seiner einzelnen Elemente aus dem Gefässbündelcambium fast vollständig mit dem der Dikotyledonen überein. Dagegen unterscheidet sich dasselbe hinsichtlich des Vorkommens der einzelnen Zellenformen und deren Vertheilung in mannigfacher

Fig. 144.



I. Querschnitt durch das Holz von Cycas revoluta. Vergr. 1 : 250.

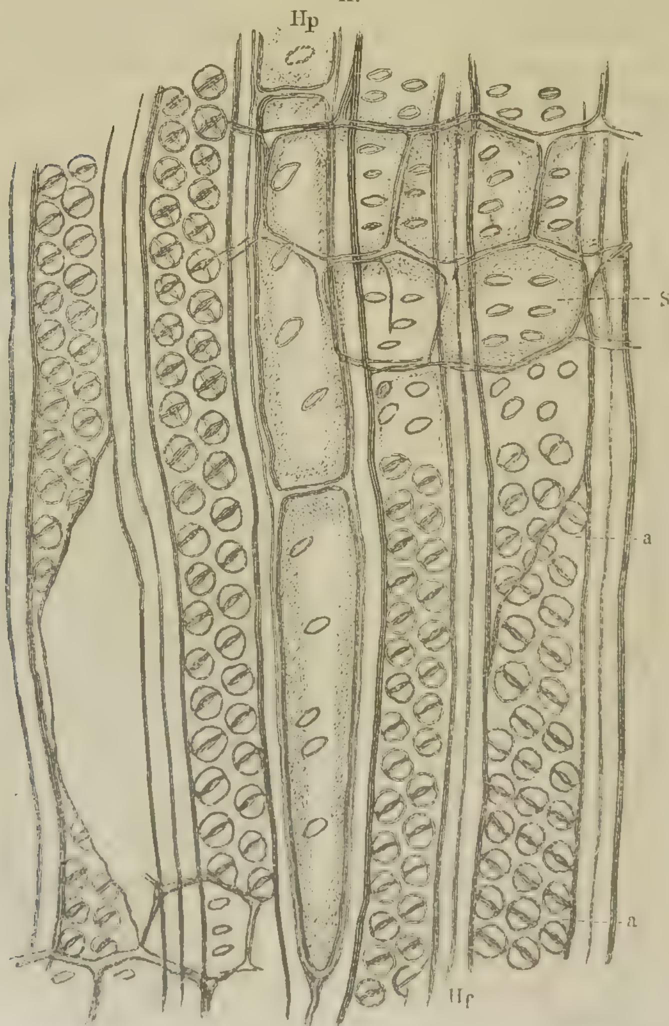
Weise, so dass sich Holz wie Bast auf den ersten Blick von den gleichen Gewebetheilen der Laubhölzer unterscheiden lassen.

Der Holztheil.

Holzfasern. — Die Faserzellen, welche bei allen hierher gehörigen Gewächsen die Grundmasse des Holzes bilden, zeigen hier immer deutlich und gross behöfte Poren. Der Hof ist in der Regel kreisrund, seltener wird seine Form elliptisch und nur in einzelnen Fällen, wo dicht nebeneinander gestellte senkrechte Porenreihen auf derselben Seitenwand vorkommen, viel-, meistens sechseckig (Wurzelholz der Araucaria, Holz

Fig. 144.

II.

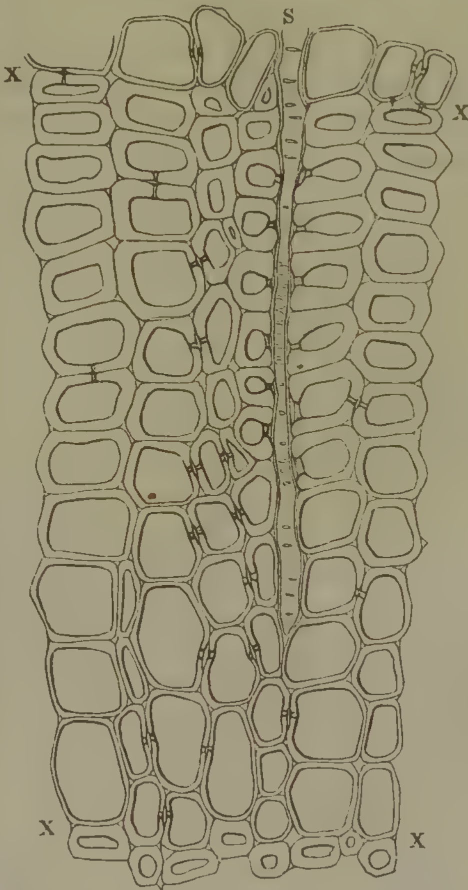


II. Längsschnitt durch das Holz von Cycas revoluta. Vergr. 1 : 250.

von Cycas Dion u. s. w.). Der Porencanal ist bald kreisrund (Pinus), bald ist er mehr oder weniger spaltenförmig (Cycas, Fig. 144, II.), so dass sich die Canäle zweier aneinandergrenzender Zellen von oben betrachtet kreuzen.

Neben der porösen erscheint auch die spiralige Verdickungsform. Auf die tertiäre Verdickungsschichte beschränkt tritt dieselbe bei Taxus auf, wo das schmale Spiralband weit voneinander abstehende, wenig steil ansteigende, bald rechts-, bald linksläufige Windungen bildet. In den älteren, d. h. den secundären Verdickungsschichten treten nur breitere Spiralbänder auf, welche die sogenannte, schon weiter oben besprochene Streifung hervorbringen. Hier sind die Windungen immer mit den spaltenförmigen Porencanälen gleichlaufend. Besonders schön findet sich diese Structur in den Herbstholzzellen der Fichte, dann in den hie und da vorkommenden, abnorm verdickten Partieen des Frühlingsholzes der Aeste von der Kiefer und der Wellingtonia (siehe Fig. 40, VII, Seite 115).

Fig. 145.



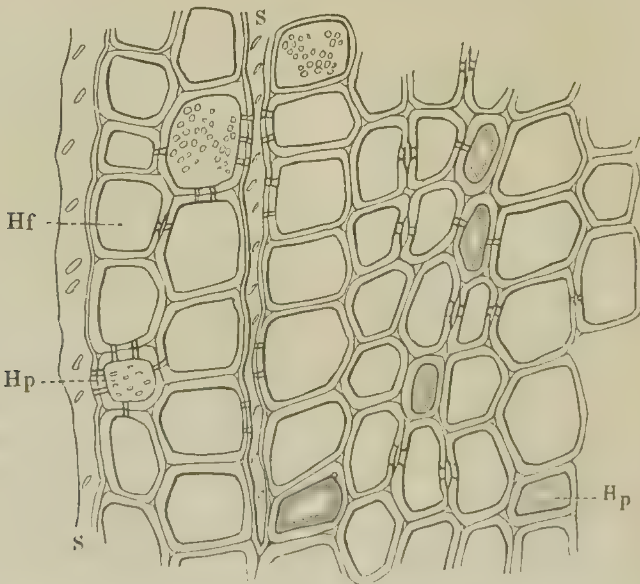
Querschnitt durch das Holz von Pinus silvestris mit mittelbreitem Jahresringe. *x*, *x* Grenze der Jahresringe. Vergr. 1 : 200.

Auf dem Querschnitte zeigen die secundären Verdickungsschichten, welche meist sehr deutlich von den tertiären abgegrenzt erscheinen, nur undeutliche oder gar keine Schichtung (Fig. 145), und lässt sich eine solche im letzteren Falle auch nicht durch chemische Mittel hervorrufen, so dass man hier auf eine ununterbrochen vor sich gehende Abscheidung aus dem Zelleninnern schliessen darf. Die Mächtigkeit derselben wechselt je nach den verschiedenen Gattungen und Arten. Namentlich aber macht sich in dieser Beziehung ein entschieden hervortretender Unterschied zwischen dem Holze der äusseren und inneren Theile (Herbst- und Frühlingsholz) der Jahresringe der meisten jener Nadelhölzer (Pinus, Abies, Picea, Larix, Taxus u. s. w.) geltend, welche ein periodisches Wachsthum erkennen lassen. Die Holzzellen der ersteren verdicken ihre Zellhüllen oft so stark, dass nur noch ein äusserst geringer Hohlraum übrig bleibt, während jene

des letzteren nur eine mässige oder schwache secundäre Verdickung beobachten lassen (Fig. 145). Zugleich macht sich noch ein weiterer Unterschied bemerklich, der die Dimensionen der Zelle trifft. Während nämlich diejenigen des inneren Theiles meist ihren grösseren Durchmesser in radialer Richtung haben, sinkt derselbe bei denen des äusseren Theiles in letzterer oft so bedeutend gegen jene in tangentialer Richtung, dass die betreffenden Zellen ein stark zusammengedrücktes Aussehen annehmen (Fig. 145, *x*, *x*). Auf diesen Verhältnissen beruht denn auch die so entschiedene Ausprägung der Jahresringe unserer einheimischen Nadelholzpflanzen, und sind dieselben bei der histiologischen Charakterisirung ihres Holzes im Allgemeinen, sowie der verschiedenen Achsentheile, der Wurzeln, des Stammes, der Aeste auf das Sorgfältigste zu berücksichtigen.

Holzparenchym. — Das Holzparenchym zeigt im Ganzen und Grossen dieselbe Form, dieselbe Entstehungsweise und den nämlichen Bau wie bei den Laubhölzern. Dasselbe tritt indessen hier niemals so stark verbreitet auf wie dort. Die Cycadeen besitzen bald vereinzelte, bald kleine Gruppen bildende Holzparenchymzellen (Fig. 144, I., Seite 261). Unter den Nadelhölzern fehlt es, soweit meine Beobachtungen reichen, den Araucarineen gänzlich. Bei den Abietineen dagegen scheint es nirgends

Fig. 146.

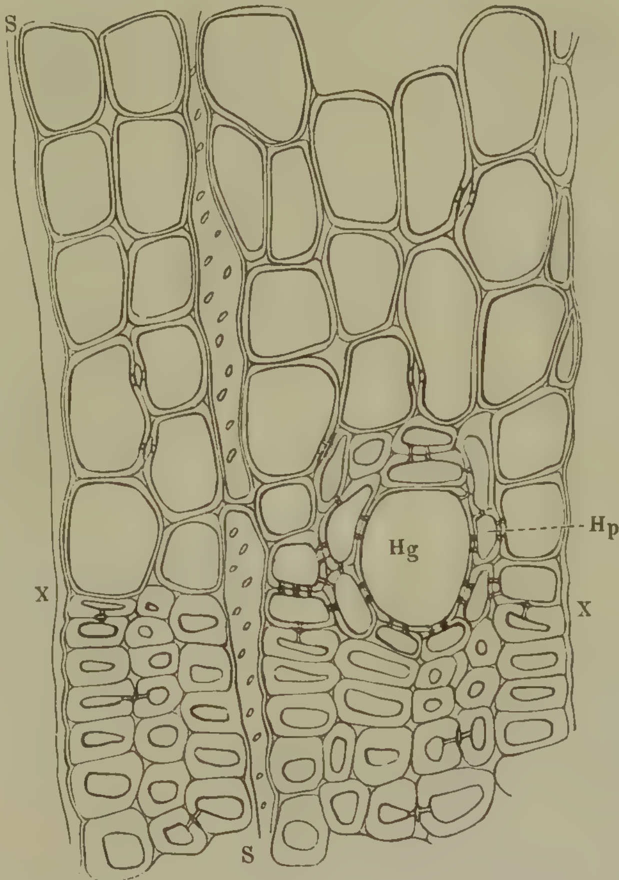


Querschnitt durch das Holz von Abies pectinata. Vergr. 1 : 400.

zu fehlen; allein sein Vorkommen ist ein verschiedenes und will beachtet sein. Die Gattung Abies besitzt es meistens als zerstreut im Holzkörper stehende Zellen (Fig. 146), seltener erscheinen bei ihr grössere Zellgruppen, welche sich im höheren Alter in der Form von Harzgängen

bemerklich machen. Die Gattungen Pinus, Picea, Larix lassen niemals zerstreutes Holzparenchym beobachten; dagegen tritt dasselbe bei denselben als Umgrenzung der weiter unten eingehender zu betrachtenden Harzgänge auf (Fig. 147 *Hg* u. *Hp*). Unter den Cupressineen besitzen Juniperus,

Fig. 147.



Querschnitt durch das Holz von Picea vulgaris. *Hg* Harzgang, *Hp* das denselben umgebende Holzparenchym.

Toxodium, Wellingtonia *), und wohl auch alle anderen Gattungen zwischen den Faserzellen einzeln oder zu zweien bis dreien zerstreut stehende Holzparenchymzellen, und bei den Gnetaceen treten dieselben sowohl zwischen den Holzzellen zerstreut, als in der unmittelbaren Nähe der Gefässe auf (Fig. 149, Seite 267).

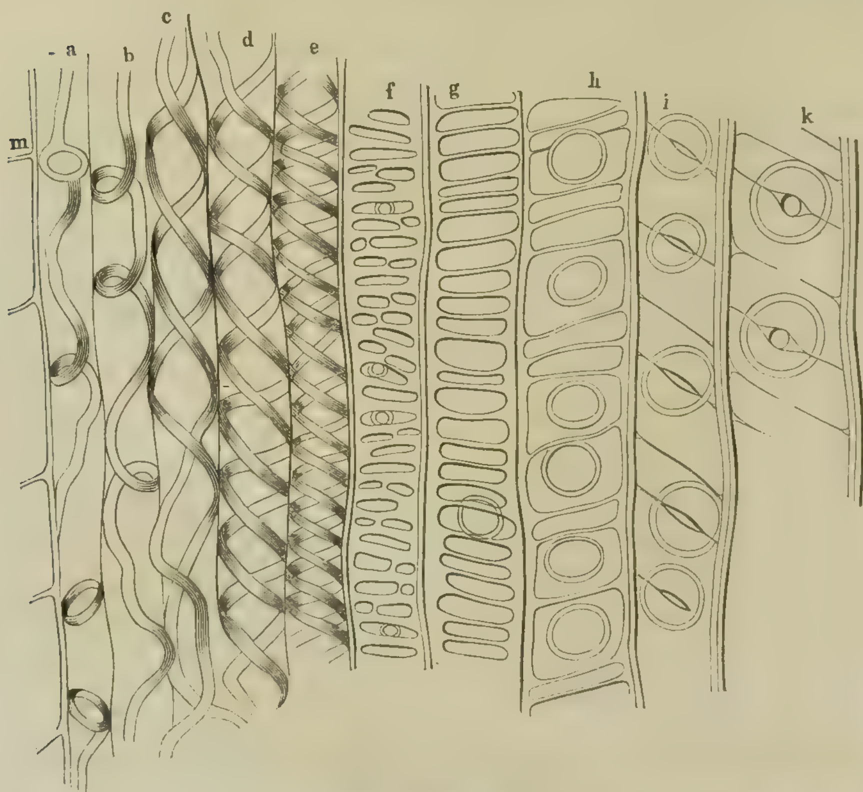
Auf dem Querschnitte zeichnen sich die Holzparenchymzellen namentlich der gefässlosen Nadelhölzer in der Regel durch ihre in radialer Richtung mehr oder minder zusammengedrückte, fast rechteckige Gestalt, sodann durch ihren Inhalt, der entweder aus Stärke oder Balsamharz be-

---

*) Wellingtonia wird zwar zu den Auracarineen gestellt; ihrem ganzen anatomischen Baue nach scheint sie mir aber eher zu den Cupressineen zu gehören.

steht, vor den Holzzellen aus und lassen sich so in den meisten Fällen leicht erkennen. Schwieriger sind dieselben häufig auf den Längsschnitten aufzufinden. Denn obgleich sie sofort durch ihre Form, wie durch ihren Inhalt hervortreten, muss man doch bei jenen Holzarten, wo sie wie bei Juniperus, Wellingtonia etc. nur spärlich zerstreut im Holze vorkommen, oft längere Zeit nach ihnen suchen, ja nicht selten mehrere Präparate durchforschen, ehe man sie auffindet. Dickere Längsschnitte mittelst Salpetersäure und chlorsauren Kalis macerirt und dann mittelst

Fig. 148.



Längsschnitt durch die Markkrone von Picea vulgaris. *a* bis *e* verschiedene Spiralfasergefässe oder Gefässzellen, *f* bis *i* Uebergänge zu den gewöhnlichen Holzfasern, *k* normale Holzfaser, *m* Markzellen. Vergr. 1 : 400.

der Nadel in ihre Elemente zerlegt, führen hier meistens rascher zum Ziele als Längsschnitte.

Holzgefässe. — Die Röhrenzellen fehlen keiner Cycadee und keinem Nadelholz ein dem primitiven Holzbündel. Sie erscheinen daselbst indessen nur mit spiraliger oder netzförmiger Verdickung, und bilden entweder Spiral- oder Netzfaser-Röhrenzellen oder echte Spiral- und Netzgefässe (Fig. 148, *a* bis *f*). Daraus, dass die erste Form weit häufiger erscheint als die letztere, welche indessen sicher nicht ausgeschlossen ist, erklärt sich der Widerspruch zwischen den Beobachtungen einiger anderen Forscher und

den meinigen. In dem älteren Holze der Cycadeen fehlen die Röhrenzellen gänzlich, dasselbe ist der Fall bei allen Nadelhölzern aus den Familien der Abietineen, Cupressineen, Araucarieen, Taxineen und Podo-

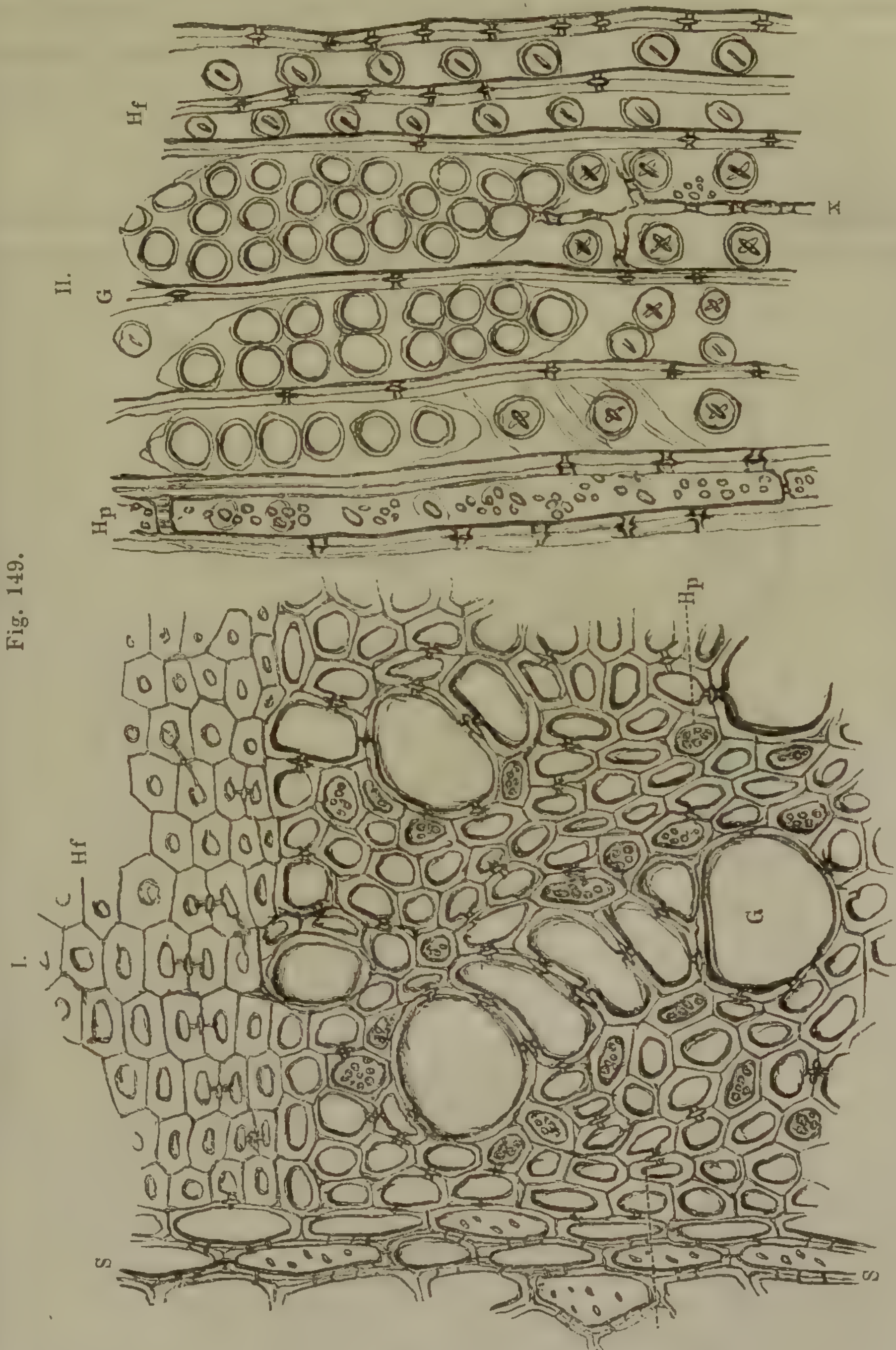


Fig. 149. I. Querschnitt, II. Längsschnitt durch das Holz von Ephedra monostachya. Vergr. 1 : 400.

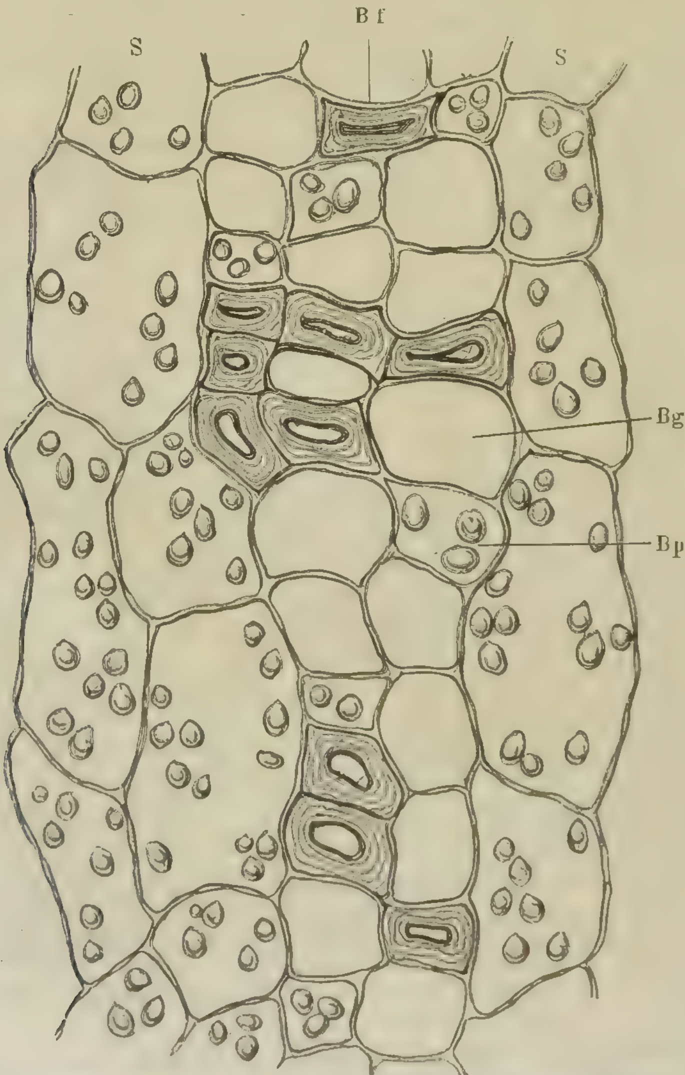
carpeen. Nur in der Familie der Gnetaceen treten durch den ganzen Holzkörper echte Gefässe mit poröser Verdickung auf (Fig. 149, I. u. II.).

Bei Ephedra, wo dieselben nur in dem Frühlingsholze vorkommen, sind deren stark geneigte Querscheidewände je nach der Weite der Gefässe mittelst einer oder mehrerer Längsreihen behöfter, einen weiten Porencanal besitzender Poren (Fig. 149, II.), bei Gnetum, wo sie durch den ganzen Holztheil zerstreut erscheinen, mittelst eines einzigen grossen Porus durchbrochen.

Der Basttheil.

Faserzellen. — Die Bastfasern, welche im Allgemeinen den gleichen Bau besitzen wie jene der Dikotyledonen, treten bei den Cycadeen (Cycas

Fig. 150. I.



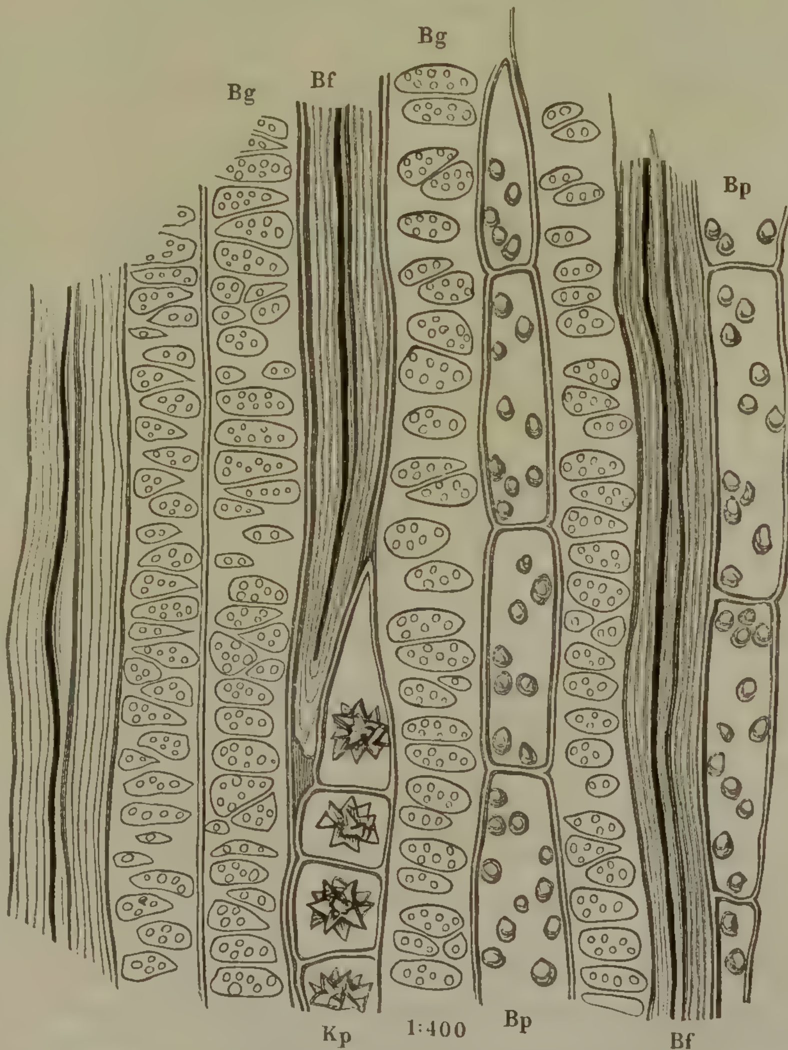
Querschnitt durch den Bast von Dion edule. Vergr. 1 : 400.

und Dion) in dem Basttheile des Stammes in kleineren und grösseren Gruppen auf, welche durch die übrigen Elemente dieses Gefässbündelbestandtheiles von einander getrennt werden (Fig. 150, I u. II.). Bei den Nadelhölzern fehlen dieselben theils ganz, theils finden sie sich einzeln zwischen den übrigen Elementen zerstreut, theils nehmen sie eine regelmässige Stellung zu diesen ein, ein Verhalten, worauf man bei der histiologischen Charakteristik der betreffenden Familien sein besonderes Augenmerk zu richten hat.

Die Abietineen entbehren in den Gattungen Pinus, Abies und Picea der echten Bastfasern gänzlich (Fig. 155, S. 273) Larix dagegen besitzt zerstreut stehende, sehr stark verdickte, deutlich geschichtete und verhältnissmässig kurze Bastfasern, welche keine genau bestimmte Stellung ein-

Fig. 150.

II.



Längsschnitt durch den Bast von Dion edule. Vergr. 1 : 400.

nehmen und nur ziemlich vereinzelt vorkommen (Fig. 151). Aehnlich gestaltet sich das Vorkommen bei den Araucarien, wo indessen die Zahl dieses Elementarorganes bedeutend grösser ist, als bei der vorhergehenden Gattung.

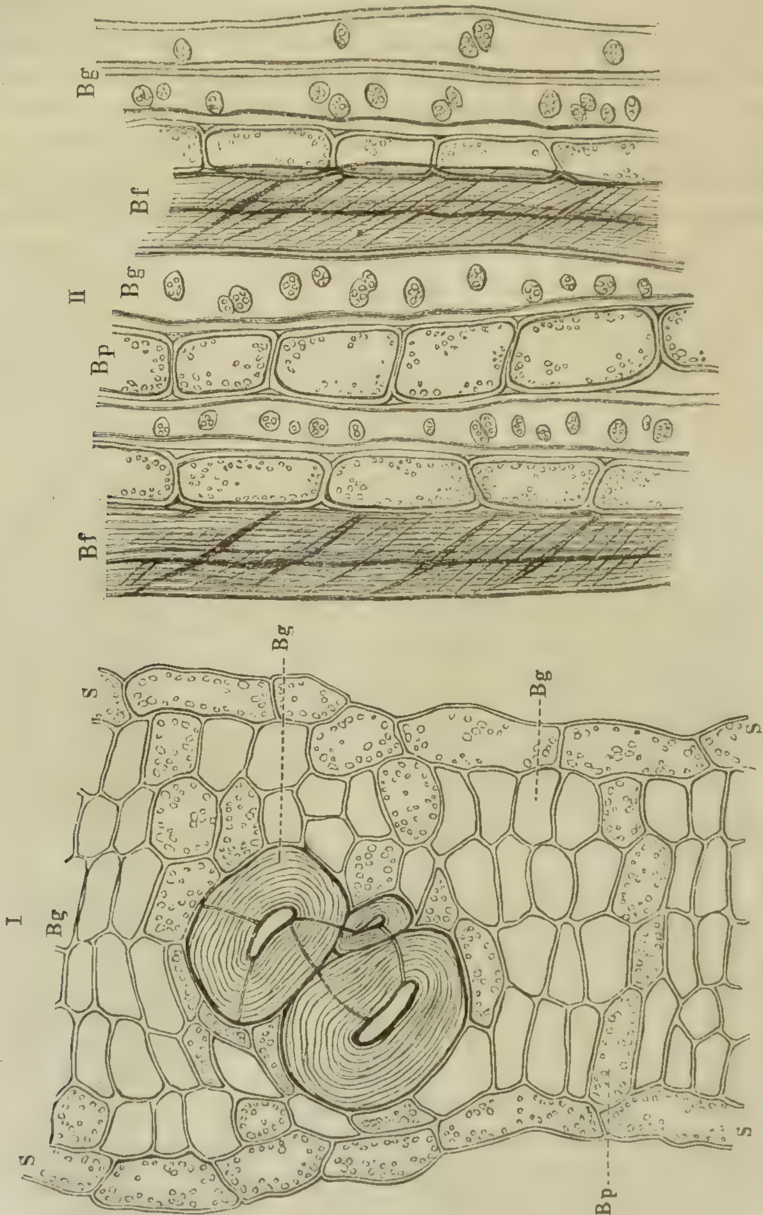


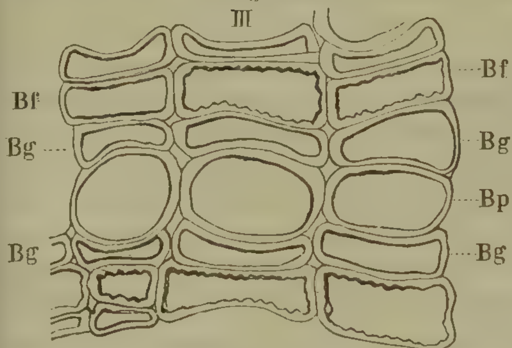
Fig. 151.

I. u. II. Quer- und Längsschnitt durch den Bast von Larix europaea. Vergr. 1 : 400.

In dem Basttheile der Cupressineen und Taxineen nehmen die Bastfasern eine genau bestimmte Stellung ein, ohne dass dieselbe indessen eine stets ausnahmslose wäre. Es besteht hier der Bast nämlich aus tangentialen Bändern der radial in Reihen von je fünf Zellen geordneten

Bastelemente, wobei die je erste und fünfte Reihe von den Bastfasern eingenommen wird, welche eine in radialer Richtung mehr oder minder zusammengedrückte Gestalt zeigen (Fig. 154, S. 272). Bei Taxus macht sich nebenbei eine eigenthümliche partielle, knötchenförmige Verdickung (Fig. 152, *Bf*) bemerkbar, welche, soweit mir bekannt, bei den übrigen Gattungen der beiden Familien gar nicht oder doch nicht in der Ausdehnung wie bei jener wiederkehrt.

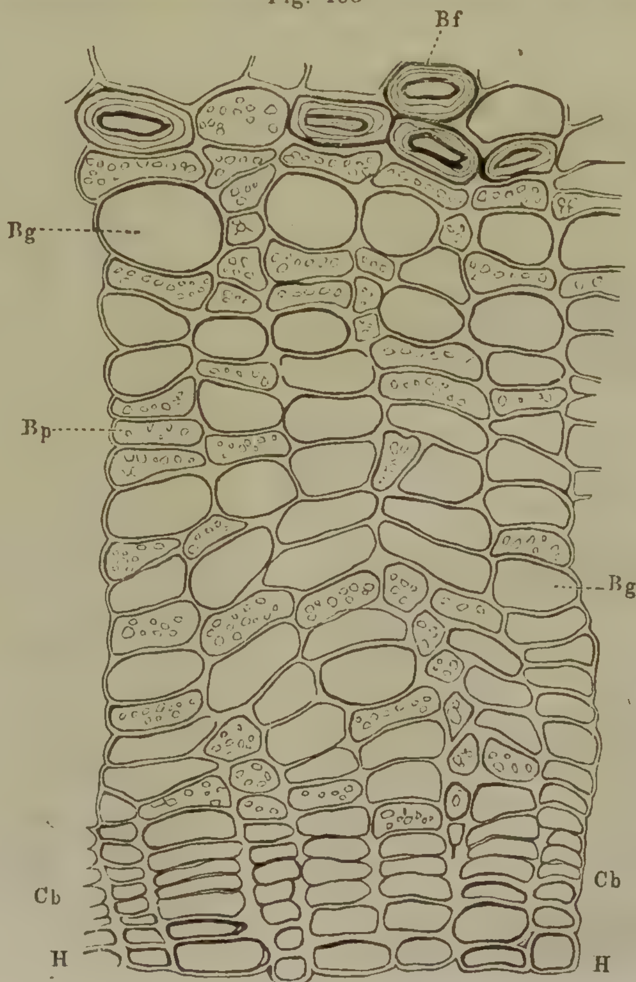
Fig. 152.



Theil eines Querschnittes durch den Bast von Taxus baccata. Vergr. 1 : 600.

Die Gnetaceen, welche, soweit ich an dem mir zu Gebote stehenden Material beobachten konnte, nur in der ersten Wachsthumsperiode eine

Fig. 153

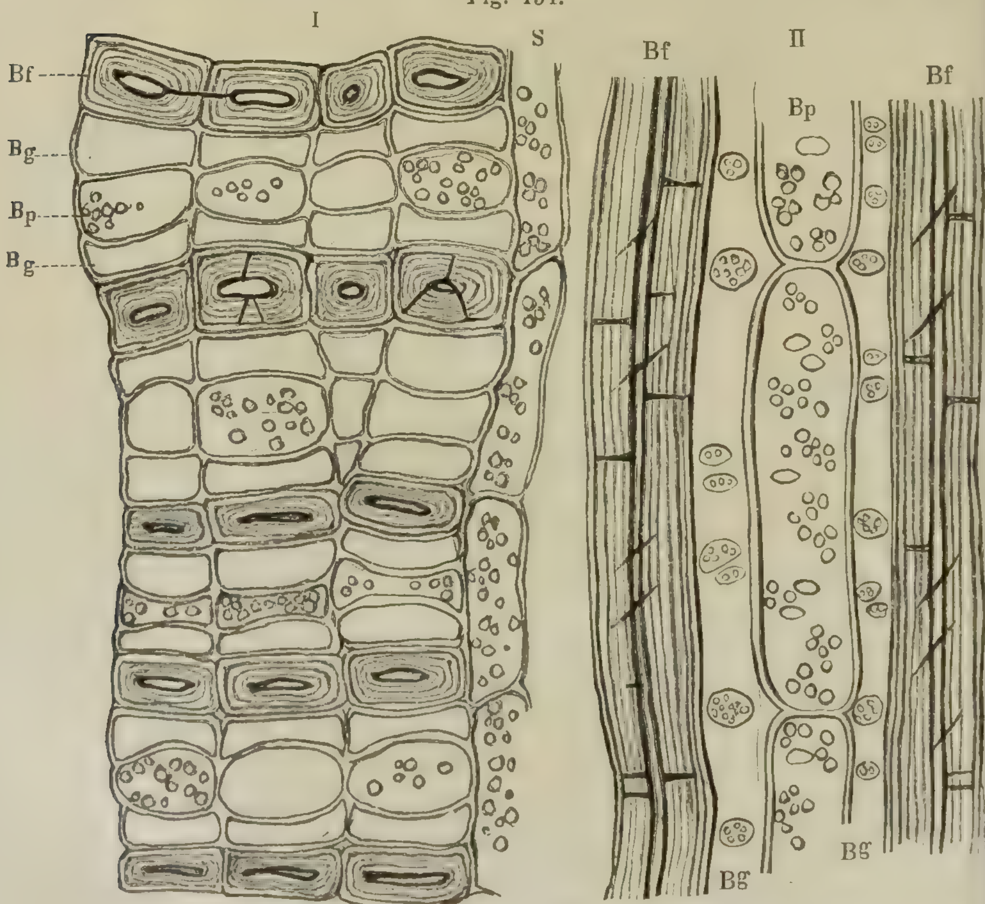


Querschnitt durch den Bast von Ephedra monostachya. Vergr. 1 : 600.

grössere Zahl von Bastfasern bilden, enthalten dieselben in einem grösseren Bündel an der äusseren Seite des in Form eines bei Gnetum flacheren, bei Ephedra convexen Kreisabschnittes in das Rindengewebe hineinragenden Bastbündels, während die innere Seite von den beiden übrigen mit einander wechselnden Elementen eingenommen wird, zwischen denen bei Ephedra nur vereinzelte Bastfasern in der Art auftreten, dass sie zwischen Parenchymzellen eingestreut erscheinen (Fig. 153, a. v. S.).

Parenchymzellen. — Das Bastparenchym tritt ausnahmslos bei allen Cycadeen und Nadelhölzern auf. Bei den ersteren wechselt es in den nach Aussen und Innen von Bastfasern, nach den Seiten von den Markstrahlen begrenzten Gruppen ohne bestimmte Ordnung mit den Bastgefässzellen (Siebröhren) ab (Fig. 150). In dem Gefässbündel der Nadelhölzer wird seine Stellung dagegen eine weit regelmässigere, indem sich bei den Abietineen und Araucarineen eine gewisse reihenweise Anordnung in tangentialer Richtung geltend macht (Fig. 151 u. 155), während bei den Cupressineen und Taxineen die zu je einer der Bastgruppen gehörige Parenchymzelle die dritte Stelle einnimmt (Fig. 154).

Fig. 154.



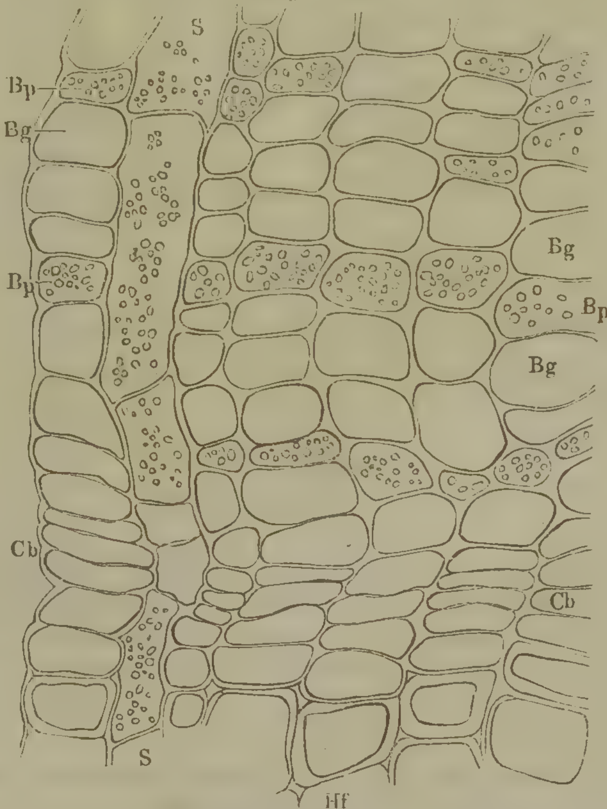
I. u. II. Quer- u. Längsschnitt durch den Bast von Juniperus communis. Vergr. 1 : 600.

Hier trifft es sich jedoch zuweilen, dass je zwei Parenchymzellen in der dritten und vierten Stelle vorkommen, so dass die regelmässige Ordnung etwas geändert wird.

Das Bastparenchym führt bei allen hierher gehörigen Pflanzen Stärkemehl, bei Cycas beobachtet man in demselben ausserdem zahlreiche, dem monoklinischen Systeme angehörige Krystalle, bei Dion Krystalldrusen (Fig. 150, II., *Kp*) und bei Pinus und Picea, jedoch nur seltener, ebenfalls einzelne dem genannten Systeme angehörende Krystalle.

Die Röhrenzellen erscheinen in dem Gefässbündel der Cycadeen sowohl als der Nadelhölzer in der Seite 132 u. f. beschriebenen Form als Bastgefässzellen. Bei den erstgenannten Pflanzen ist ihre Stellung zwischen den Parenchymzellen eine mehr unregelmässige. Bei den Abietineen dagegen sind sie meist in der Art geordnet, dass radial hintereinanderstehende zwei- bis mehrzellige Reihen durch je eine Reihe von Parenchymzellen unterbrochen werden (Fig. 155 I. u. II.). In dem Basttheile der

Fig. 155 I.

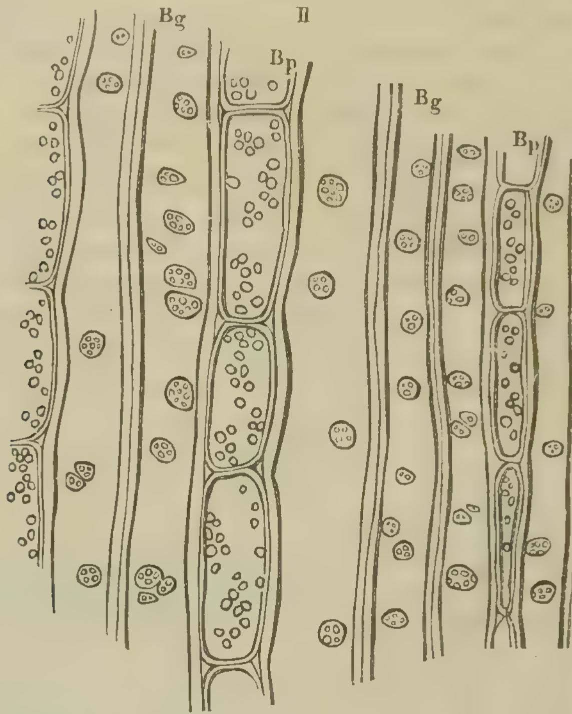


I. Querschnitt durch den jungen Bast von Pinus silvestris. Vergr. 1 : 400.

Cupressineen und Taxineen ist deren Einordnung wie bei den übrigen Elementen eine regelmässige, indem sie in jedem der erwähnten Bänder die je zweite und vierte Stelle einnehmen (Fig. 154). Auch hier tritt indessen manchmal insofern eine Unregelmässigkeit ein, als nach der Paren-

chymzelle an der dritten Stelle eine Bastgefässzelle, dann an der fünften Stelle eine zweite Parenchymzelle und an der sechsten Stelle wiederholt

Fig. 155.



II. Längsschnitt durch den jungen Bast von Pinus silvestris. Vergr. 1 : 400.

eine Bastgefässzelle auftritt, der erst an der siebenten Stelle wieder eine Bastfaser folgt.

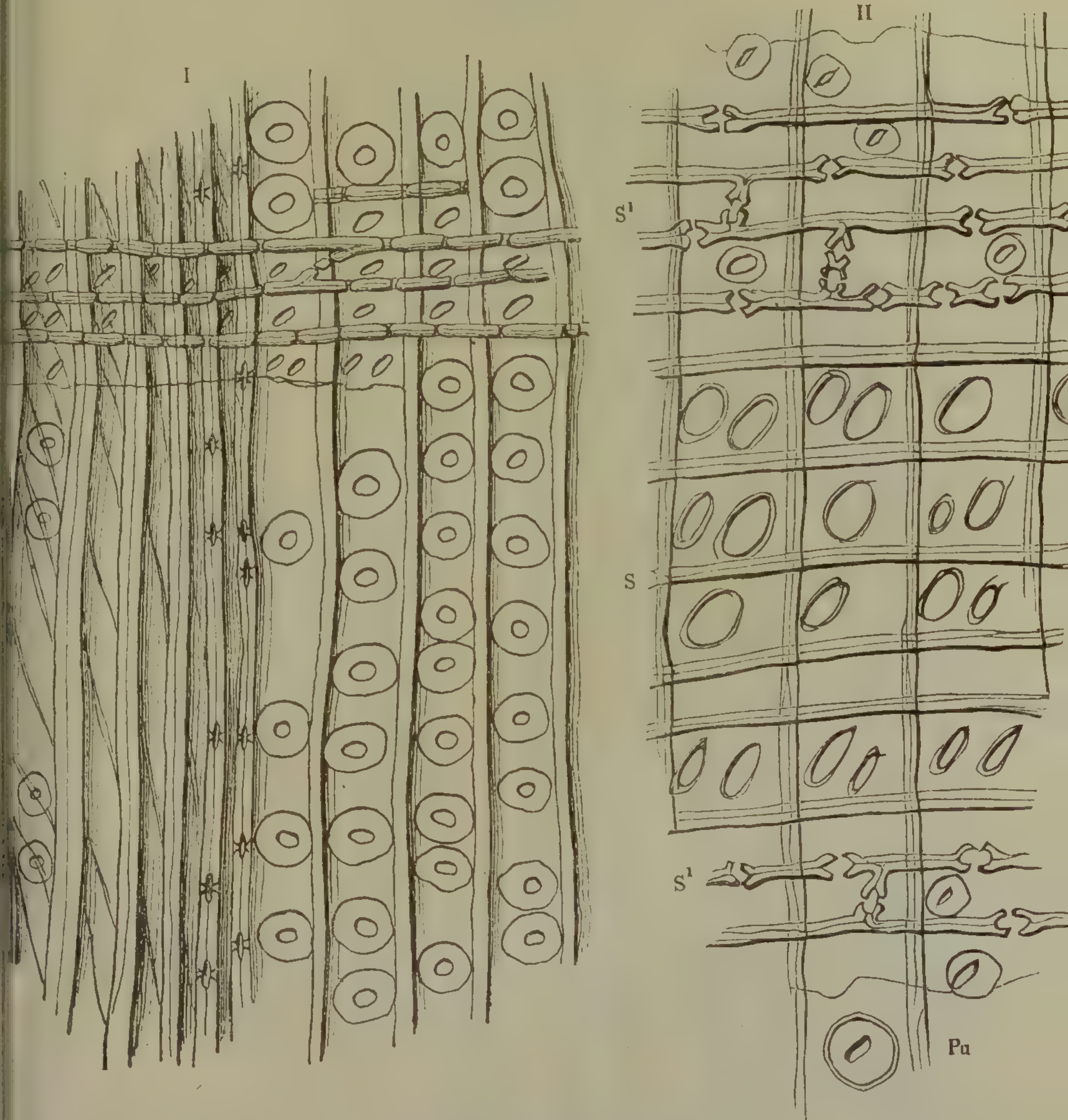
Das Zwischengewebe.

Das Zwischengewebe zeigt bei den Cycadeen und Nadelhölzern in Bezug auf die Entstehung und die sonstigen allgemeinen Verhältnisse ein ähnliches Verhalten wie bei den Laubhölzern. Bei den ersteren sind sowohl die Mark-Rindenstrahlen wie die Bündelstrahlen nur schwach verdickt (Fig. 144, S. 261) und verholzen nicht (Cycas, Dion); bei den anderen dagegen ist die Verdickung meist eine mässige, steigert sich selten in hohem Maasse, und es tritt zugleich Verholzung durch die ganze Zellstoffhülle, mit Ausnahme der Porenschliesshäute, ein.

Die Verdickungsweise der Zwischengewebezellen ist die geschlossen poröse. In der Regel sind die Poren verhältnissmässig kleine (Fig. 156, I.); nur die Pinusarten haben in den mittleren Zellenreihen sehr grosse, meist ovale Poren, während in den Endzellen kleine behöfte und offene Poren auftreten (Fig. 156, II.).

Die Mark-Rindenstrahlen der Cycadeen sind mehrreihig, keilen sich aber nach dem äusseren Theile des Holzes aus, um sich in der Rinde wieder zu verbreitern. Gnetum hat mehrreihige, die anderen Nadelhölzer

Fig. 156.



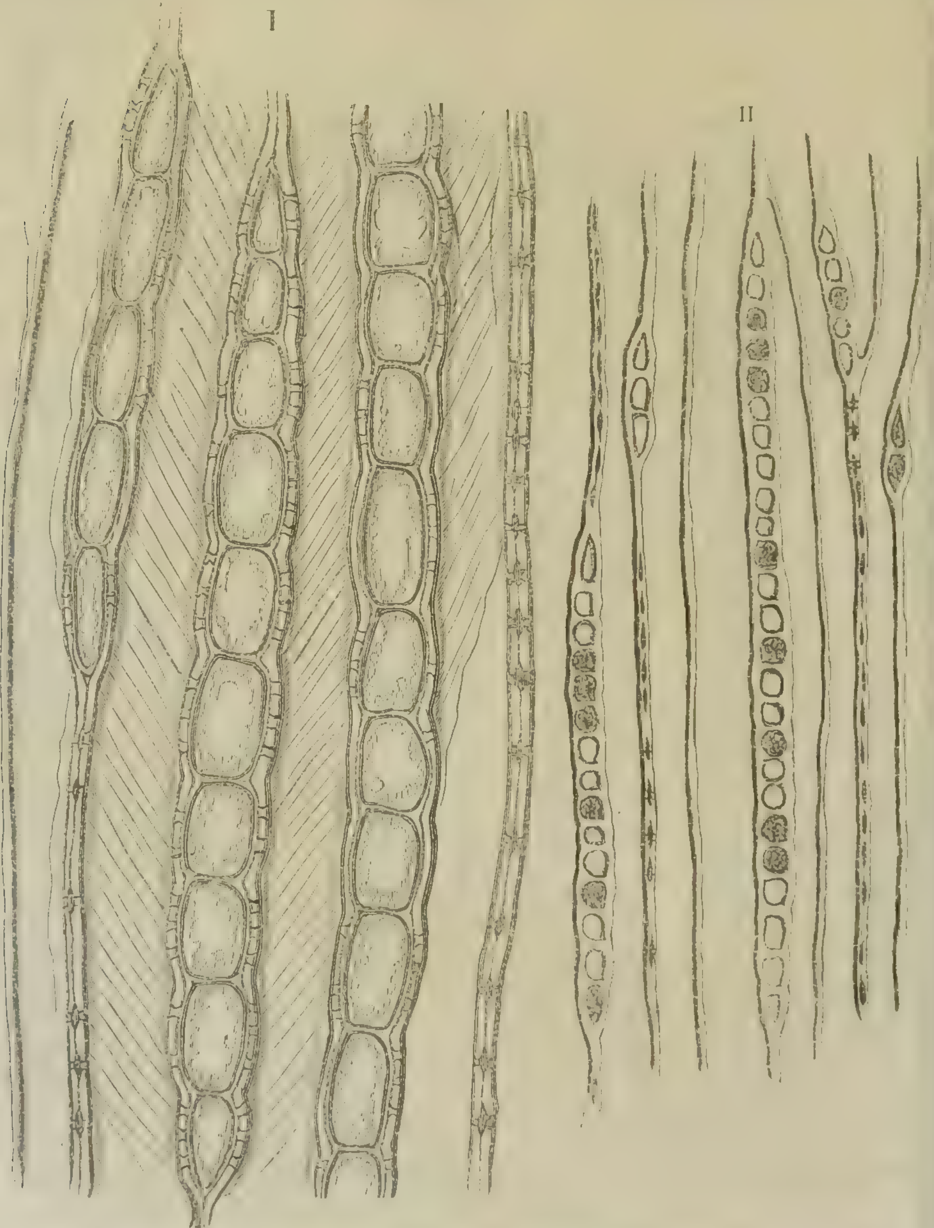
Radiale Längsschnitte durch das Holz; I. von Abies pectinata, II. von Pinus silvestris. Vergr. 1 : 400.

dagegen besitzen ein-, höchstens zweireihige Mark-Rindenstrahlen, und es behalten dieselben in Holz und Bast die gleiche Zellreihenzahl. Die Bündelstrahlen sind, mit Ausnahme von Ephedra (Fig. 157, IV.), welches neben schmalen auch solche von mehreren Reihen besitzt und welcher eigentliche Mark-Rindenstrahlen fehlen, bei allen Familien der Nadelhölzer, wie

18*

bei den Cycadeen nur schmale einreihige (Fig. 157, I., II. u. III.). Hier und da erscheinen bei einigen Abietineen (Pinus canariensis, Larix) die

Fig. 157.

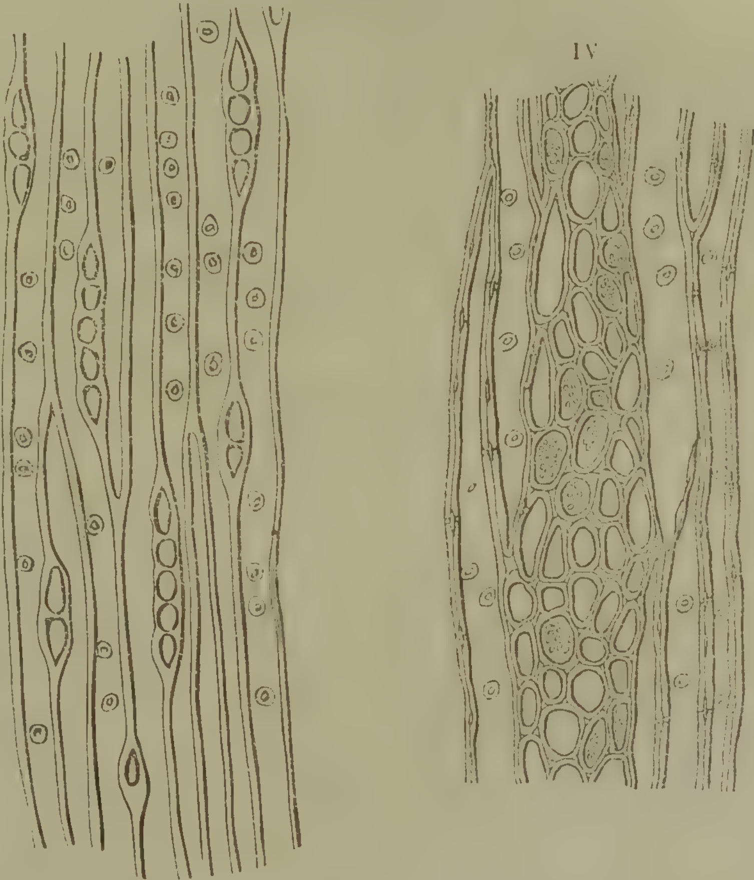


Tangentenschnitte durch das Holz; I. von Cycas spec., II. von Abies pectinata. Vergr. I. 1 : 250, II. 1 : 150.

Markstrahlen auf zwei bis drei Zellenreihen, oder noch stärker verbreitert, indem sich in einem solchen ein horizontaler Harzgang gebildet hat (Pinus, Picea und Larix).

Die Höhe der Markstrahlen wechselt auch hier je nach den verschiedenen Arten, ohne dass dieser Wechsel indessen so auffallend wird, wie bei den Dikotyledonen, und es schwindet derselbe umsomehr, als die-

Fig. 157.



Tangentenschnitte durch das Holz; III. von Taxus baccata, IV. von Ephedra. Vergr. 1 : 150 *).

ses Verhältniss bei ein und derselben Pflanze oft bedeutenden Abweichungen unterliegt. So z. B. wechselt die Höhe bei Taxus (Fig. 157, III.) nicht selten von 2 bis zu 24 senkrechten Zellenreihen.

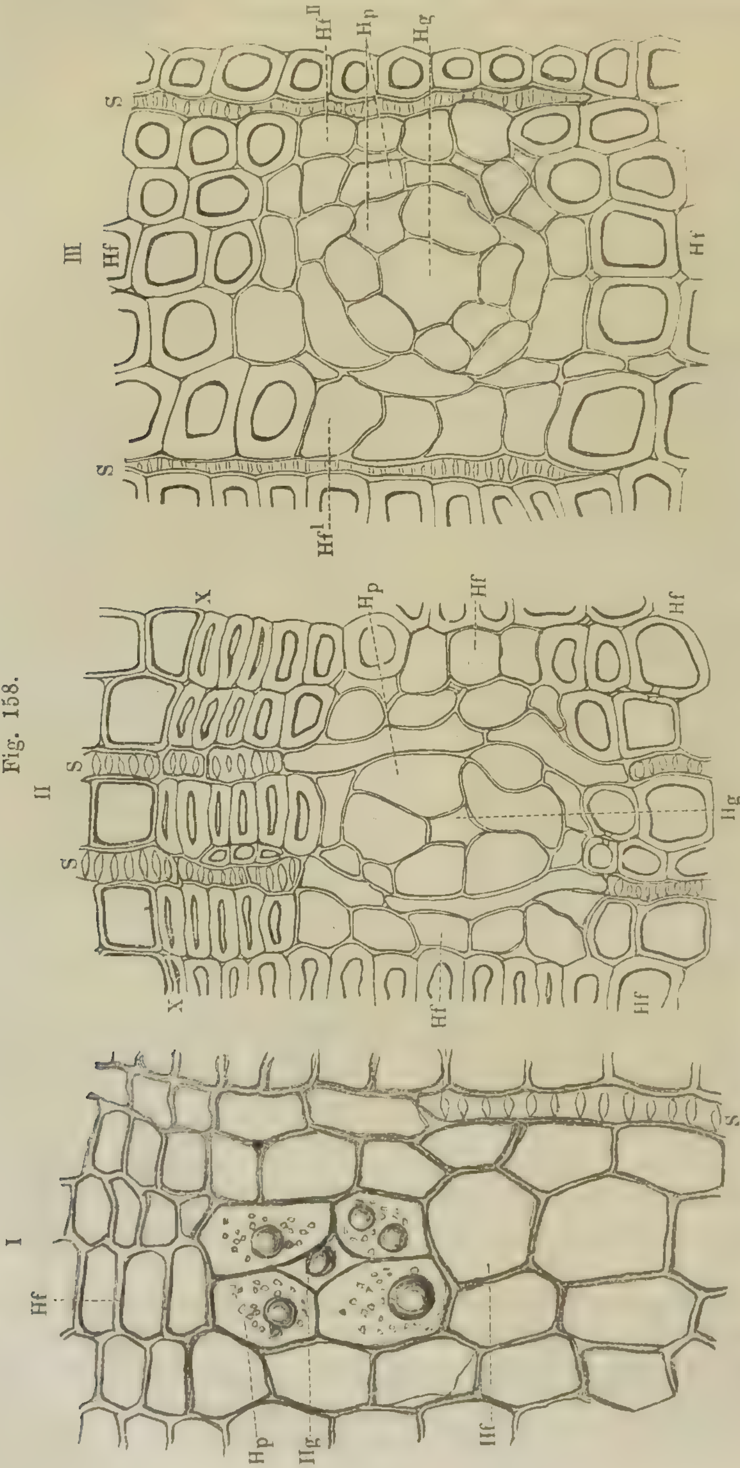
6. Innerhalb des Gefässbündels auftretende, Luft oder eigenthümliche Säfte führende Canäle oder Gänge.

In dem Gewebe des Gefässbündels der Gefässkryptogamen, Monokotyledonen und Dikotyledonen erscheinen bei einzelnen Gattungen und Arten eigenthümliche, den in Mark und Rinde vorkommenden ähnliche Behäl-

*) Bei Fig. III. ist das Spiralband nicht mitgezeichnet.

ter, welche Luft oder andere ausgeschiedene Stoffe führen und unter dem Namen von Luft- und Saftbehältern, Luft- und Saftgängen etc. bekannt

Fig. 158.



I., II. und III. Verschiedene Entwickelungszustände der Harzgänge in dem Harze von Pinus silvestris. Vergr. 1 : 400.

sind. Luftgänge trifft man, soweit ich bis jetzt beobachtet habe, nur in dem Gefässbündel der Equiseten und einzelner Monokotyledonen. Die Entstehung dieser Luftgänge beruht bei den ersteren Pflanzen in dem Stengel auf der Resorption eines aus Gefässen und Parenchym bestehenden Gewebestranges, in der Wurzel — nach den Beobachtungen von Schacht — wenigstens theilweise auf der Resorption eines grossen centralen Spiralgefässes. Auch bei den Monokotyledonen verdanken dieselben nach meinen eigenen Beobachtungen ihren Ursprung demselben Vorgange, und sind die Luftgänge hier häufig nur entleerte Milchsaftgänge, wie bei Caladium, Xanthasoma u. s. w.

Die Behälter eigenthümlicher Säfte, Harz-, Gummi, Oel- und Milchsaftgänge, erscheinen seltener in dem Holz-, häufiger in dem Basttheile des Gefässbündels und entstehen daselbst in derselben Weise, wie in dem Rindengewebe.

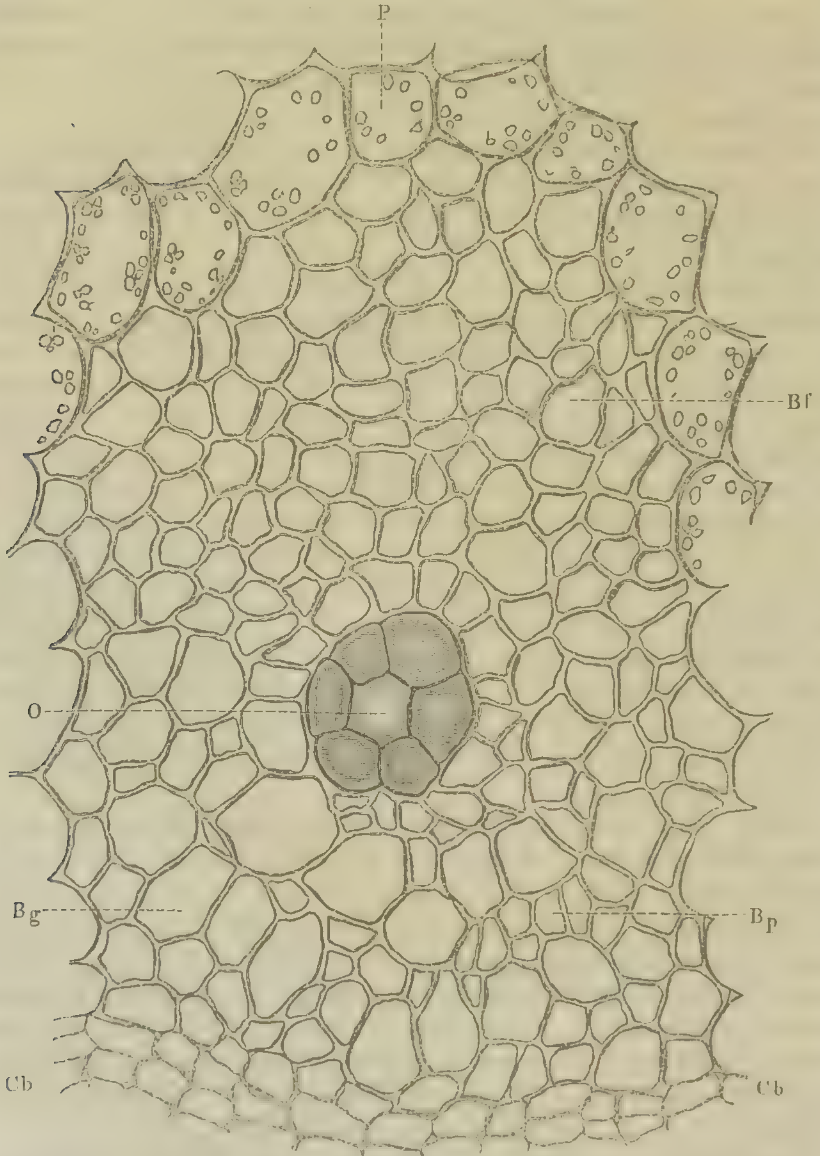
Die Harzgänge in dem Holze der Abietineen (Pinus, Picea, Larix, Abies) bestehen in der Jugend immer aus einem Strange von zartwandigem, unverholztem, in der Regel einen verhältnissmässig kleinen, durch Auseinanderweichen der wenigen centralen Zellen gebildeten Intercellulargang umschliessendem Holzparenchym (Fig. 158, I. *Hg* u. *Hp*), dessen Inhalt in der Ruhezeit aus Stärkemehl besteht und später erst eine chemische Umwandlung in flüchtiges Oel und Balsam resp. Harz erleidet. Bei den erstgenannten Gattungen wird das zartwandige, sich durch Theilung vermehrende und den im Laufe der Entwickelung erweiterten, centralen Intercellulargang umgebende Parenchym (Fig. 158, II. u. III.), häufig schon sehr frühe und bevor seine Zellstoffhülle verholzt, in Folge der Harzbildung ganz oder theilweise resorbirt (Fig. 147, *Hg*), während bei der Weisstanne (und hie und da auch bei der Lärche) eine Resorption des centralen Stranges entweder ganz unterbleibt oder doch erst eintritt, nachdem die Zellstoffhülle seiner Zellen schon den Verholzungsprocess durchlaufen hat.

Ueber die Entstehung der eigentlichen Gummigänge stehen mir eigene Untersuchungen in genügender Vollständigkeit gegenwärtig noch nicht zu Gebote. Ich glaube indessen nach dem, was ich bis jetzt darüber gesehen habe, dass sie in ähnlicher Weise entstehen, wie die Harzgänge der Coniferen. Jedenfalls wird hier eine Grenze zu ziehen sein zwischen der normalen Entstehung von Gummigängen und der abnormen, gleichsam krankhaften Umwandlung von grösseren oder kleineren, ihrer grösseren Masse nach aus parenchymatischen Zellen bestehenden Gewebepartieen in Gummidrusen u. s. w., ehe man sich für oder wider die von Wigand neuerdings vertretene Ansicht entscheiden darf.

Die weiten Milchsaftgänge, wie sie in dem Basttheile des Gefässbündels der Rhusarten u. s. w. vorkommen, entstehen gleichfalls aus Strängen von zartwandigem, um einen Intercellulargang gruppirtem, langgestrecktem Parenchym und vertreten bei diesen Pflanzen wohl theilweise die Bastgefässe (Milchsaftgefässe). Die Milchsaftgänge in der Rinde von

Alisma, ebenso die Oelharzgänge (Fig. 159 *O*) inmitten oder im Umkreise der Bastbündel mancher Umbelliferen (Angelica, Anthriscus) gehen dagegen aus dem Auseinanderweichen eines aus zartwandigen, gestreckten Parenchymzellen bestehenden (im Querschnitt 5- bis 11- und mehrzelligen) Zellenstranges hervor, sind also Intercellulargänge. Die weiten Luft- oder

Fig. 159.



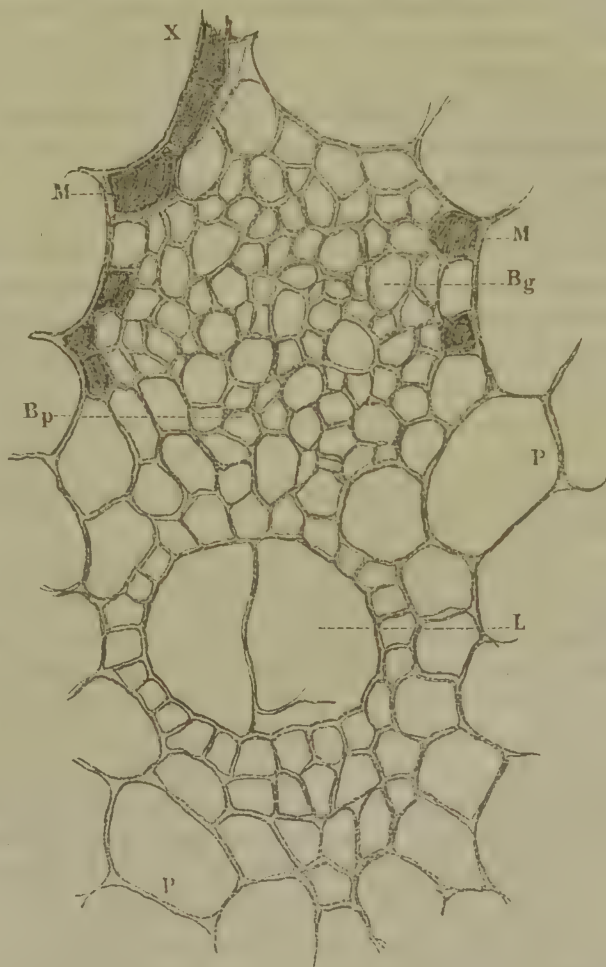
Querschnitt durch den Basttheil des Gefässbündels von Angelica silvestris. Vergr. 1 : 620.

Milchsaftgänge der Aroideen endlich (Fig. 160 *L*) gehen ganz entschieden aus der Resorption von einem bis zwei weiten Spiralgefässen hervor, wel-

che man bei jüngerem Material häufig genug noch an Stelle der ersteren zu beobachten Gelegenheit hat.

Die nächste Umgebung aller dieser Behälter eigenthümlicher Säfte, mögen diese letzteren nun als eigentliche Secrete oder (wie der Milchsaft) als den Lebensprocessen wenigstens noch theilweise dienend zu betrachten sein, wird mindestens von einer, häufig aber auch von mehreren Reihen von Parenchymzellen gebildet, deren Inhalt in der Ruheperiode aus Stärkemehl und anderen Reservestoffen besteht, und während der Vegetations-

Fig. 160.



Querschnitt durch ein Gefässbündel von Xanthasama riolacecum. Vergr. 1 : 620.

zeit eine chemische Umbildung in die betreffenden Verbindungen erleidet. Aus dieser Umgebung findet dann eine unzweifelhafte Ausscheidung in die Saftbehälter und damit eine Vermehrung der schon in diesen enthaltenen eigenthümlichen Säfte statt.

Wo man angenommen hat, dass die in Rede stehenden Behälter sich mit einer eigenen Haut auskleideten, da beruht dies auf entschieden un-

genauer Beobachtung, wie man sich namentlich bei der Untersuchung der von derbwandigem Parenchym umgebenen Harz- und Milchsaftgänge auf das Sicherste überzeugen kann.

Zur Untersuchung über die Entstehung der Saftbehälter eignen sich natürlich nur die ruhenden Knospen oder die jüngsten Triebe während der Vegetationsperiode und hat man bei diesen, um sich einer Reihe möglichst lückenloser Entwickelungszustände zu versichern, von dem Vegetationspunkte an abwärts zu gehen, bis man zu völlig fertigen Zuständen gelangt ist. Zur Beantwortung der Frage, in welcher Weise die Bildung der eigenthümlichen Säfte selbst stattfindet, muss dagegen eine vergleichende Untersuchung im ruhenden Zustande und während der Vegetationszeit stattfinden.

Was die Art der Untersuchung betrifft, so gewähren hier zarte Quer- und Längsschnitte die einzig sicheren Anhaltspunkte. Mazerationspräparate können dagegen insofern in Betracht kommen, als sie über das Fehlen einer die Gänge auskleidenden eigenen Membran Gewissheit geben und für die engen Milchsaftgänge der Umbelliferen, die weiten milchsaftführenden Zellen des Hollunders etc. neben den Längsschnitten, durch welche die Querscheidewände blossgelegt werden, zur Beantwortung der Frage dienen können, ob man einen Saftgang oder ein Saftgefäss vor sich hat.

7. Rückblick auf die Untersuchungen über Gefässbündel.

Fassen wir zum Schlusse noch einmal die Hauptpunkte zusammen, auf welche man bei der Untersuchung des Gefässbündels im Allgemeinen zu achten hat und welche für die histiologische Charakterisirung der Gewächse von Wichtigkeit werden, so ergiebt sich Folgendes:

Erstens ist das Verhalten des Cambiums festzustellen und vor Allem die Frage zu beantworten, ob dasselbe nach Ablauf einer begrenzten Entwickelungsperiode eine vollständige Umbildung erleidet und seine Fortbildungsfähigkeit verliert (geschlossene Gefässbündel), oder ob es auch nach derselben noch in bildungsfähigem Zustande verharrt, um für die Folge noch der Zellenbildung und damit der Fortbildung des Gefässbündels (fortwachsende Gefässbündel) zu dienen.

Für den letztern Fall kommt dann zweitens in Betracht, ob die Producte der Neubildung durch alle Vegetationsperioden hindurch in ihrem gegenseitigen Verhältniss gleich bleiben, d. h. ob alle Jahresringe einen gleichartigen Bau zeigen oder ob sie in den späteren Vegetationsperioden eine Abänderung erleiden, so dass die späteren Jahresringe einen von dem der erstjährigen abweichenden Bau beobachten lassen. Zweitens ist zu erforschen, welcher Art die aus dem Cambium hervorgehenden Elemente des Gefässbündels sind, ob dasselbe also im ausgebildeten Zustande alle drei Zellenarten und ihre verschiedenen Umbildungen zu den Elementen

des Holz- und Basttheiles enthält, oder ob ihm die eine oder die andere der drei Zellenarten in einem dieser beiden Haupttheile abgeht.

Drittens ist die Anordnung der verschiedenen Elementarorgane in dem Gefässbündel zu beachten. Man wird für das monokotyledone Gefässbündel namentlich die Anordnung der Holz- und Bastfasern sowie die Stellung der Holz- und Bastgefässe ins Auge zu fassen haben. Für das Gefässbündel der Gymnospermen dagegen wird für die älteren Jahresringe namentlich die Vertheilung des Holzparenchyms und dessen Betheiligung an der Bildung der Harzbehälter von Interesse. Ein noch entschiedeneres Augenmerk erfordert endlich für das Gefässbündel der holzartigen Dikotyledonen das gegenseitige Stellungsverhältniss von dessen einzelnen Elementen im Allgemeinen sowohl als für die einzelnen Theile der Jahresringe. Wir haben hier zunächst das Verhalten der Gefässe zu beurtheilen und zu untersuchen, ob sie vereinzelt oder zu Gruppen vereinigt vorkommen, ob sie verschieden, und dann: in welcher Weise sie durch die einzelnen Jahresringe vertheilt erscheinen, wie sie sich in Bezug auf die Weite ihres Lumens verhalten. Einen weiteren Punkt von Wichtigkeit bildet das Verhältniss der parenchymatischen Zellen zu den übrigen Elementen des Holz- und Bastkörpers, und ist namentlich auf die Anordnung der aus dem Cambium des Gefässbündels hervorgegangenen secundären Markstrahlen zu achten und deren Bau zu charakterisiren, dann die Vertheilung des Holzparenchymes in den verschiedenen Partien des Jahresringes und dessen Stellung zu den Gefässen und in den verschiedenen Gruppen der stärker verdickten und dünnwandigeren Faserzellen des Holzkörpers, sowie die Stellung des Bastparenchymes zu den Bastfasergruppen und Bastgefässen zu studiren, wobei sich in den verschiedenen Gewächsen mannigfache Abänderungen bemerklich machen. Endlich verlangt die Vertheilung und das eventuelle Vorkommen der im Vorhergehenden unterschiedenen Modificationen der Holzzellen unsere Aufmerksamkeit, indem auch diese letzteren Umstände für die Charakterisirung einer bestimmten Holzart nicht ohne erhebliche Wichtigkeit sind.

Viertens müssen der Bau resp. die Durchbrechung der Gefässscheidewände sowie die Configuration der Verdickungsschichten sämmtlicher Zellenarten sorgfältig studirt und namentlich der Einfluss beachtet werden, welchen die aneinandergrenzenden Elementarorgane in Bezug auf dieses Verhältniss gegeneinander geltend machen.

Fünftens endlich verlangt der Inhalt der verschiedenen Zellenarten in verschiedenen Altersperioden wie in den verschiedenen Jahreszeiten ein eingehendes Studium, welches durch sorgfältige Anwendung der einschlägigen mikrochemischen Reagentien unterstützt werden muss. Namentlich verlangen parenchymatische Gefässbündeltheile in dieser Beziehung eine sorgfältige Beachtung.

Dritter Abschnitt.

DIE PFLANZENZELLE IN IHREM EINFLUSSE AUF DAS POLARISIRTE LICHT.

Abgesehen von einzelnen Inhaltskörpern der Pflanzenzelle erscheinen uns alle übrigen Bestandtheile, Zellhaut, Zellhülle, Kern u. s. w., als amorphe Körper. Da diese letzteren sich solange als einfach brechend erweisen, als der Gleichgewichtszustand ihrer kleinsten Theilchen (Moleküle) nicht durch äussere Einflüsse eine Aenderung erleidet, die Zellhülle, sowie manche Inhaltskörper, Stärke u. s. w., aber auf den ersten Blick als ganz entschieden doppeltbrechend erkannt werden, so ist die Frage nahe gelegt, ob nicht ähnliche Verhältnisse, wie sie in manchen von jenen (Glas) durch einseitige Erwärmung, einseitigen Druck und dergleichen hervorgerufen werden können, auch in diesen waltend sein müssen. Dass hier indessen nicht von solchen, durch einen in der Schichtung u. s. w. der Zellhülle, des Stärkekornes bedingten Druck hervorgerufenen Spannungen die Rede sein kann, worauf man (Max Schultze) die doppeltbrechenden Eigenschaften der Zellhülle, der Stärkekörner u. s. w. zurückzuführen versucht hat, ist einleuchtend. Es beweist im Gegentheil das sich wesentlich gleichbleibende optische Verhalten von Zellhüllen oder Zellhülltheilen, Theilen von Stärkekörnern und dergleichen, welche in verschiedene mechanische Spannungszustände gebracht werden, dass die ursprünglichen Verhältnisse der je zur Wirkung kommenden Elasticitätsachsen dadurch nicht wesentlich geändert werden, worauf schon Nägeli in der unten bezeichneten Arbeit hingewiesen hat. Die Beobachtung der fertigen Formenverhältnisse unserer Elementarorgane und der organischen Inhaltskörper, welche hier in Betracht kommen, namentlich aber die Entwickelungsgeschichte der Zellstoffhülle in ihren einzelnen Theilen, der Stärke u. s. w. führt uns indessen darauf hin, dass bei Entstehung und Ausbildung

aller dieser Producte des vegetabilischen Lebens verschiedene, theils von dem betreffenden Bildungscentrum ausgehende, theils peripherisch wirkende, unter dem gegenseitigen Einflusse der miteinander verbundenen Elementarorgane oder dieser und der Aussenwelt stehende physikalische und chemische Kräfte thätig sein müssen. Diese bedingen nun einestheils eine entsprechende Lagerung und bestimmte Gestaltung der kleinsten Theilchen, d. h. der Moleküle, anderntheils eine feste Orientirung derselben zu dem Zellencentrum, der Zellenachse, der Membranoberfläche u. s. w., wodurch Elasticitätsverhältnisse des ihre Atome umhüllenden Aethers hervorgerufen werden, wie sie bei anderen amorphen Körpern, denen ursprünglich isodiametrische Moleküle eigen sind, durch Spannungsverhältnisse, die in äusseren Einflüssen ihre Ursache haben, vorübergehend in die Erscheinung treten. Auf diese Weise wird jedes Molekül zu einem doppeltbrechenden Elemente, das seine optische Eigenschaft solange behält, als es nicht in L a g e und F o r m eine Aenderung erleidet und dessen Wirkung sich mit jener der gleichgeformten und gleichgerichteten Moleküle der gleichen Membran oder Membranschicht zu der beobachteten Gesammtwirkung einer Zellhülle oder einer bestimmten Stelle derselben u. s. w. verbindet. Mechanische Wirkungen, welche allerdings die Entfernungen der einzelnen Moleküle und deren Stellung gegen gewisse ideale Punkte und Linien eines Organes, nicht aber deren Form und deren gegenseitige Orientirung in derselben Ebene und gegenüber gewissen Theilen des betreffenden Objectes äussern können, sind daher auch nicht im Stande, die optischen Eigenschaften wesentlich umzugestalten. Dagegen vermögen dies, wie unter anderen die Schiessbaumwolle und die Cuticularschichten der Oberhautzellen beweisen, wohl chemische Eingriffe, welche eine veränderte Lagerung der Atome und damit eine Formwandlung der Moleküle zu bewirken im Stande sind. Nicht das ganze Elementarorgan, den ganzen organischen Inhaltskörper oder gewisse Molekülcomplexe derselben in wechselnder Intensität treffende, sondern molekulare, jedem Moleküle eigene Spannungen sind also der Grund der Doppeltbrechung der histiologischen Elemente.

Da die uns hier beschäftigenden Elementarorgane zum grossen Theile als zur Prismen- und Cylinderform gehörig betrachtet werden können, oder sich nebst den Inhaltskörpern, soweit sie eben nicht Krystalle sind, unter die Kugel subsumiren lassen, so richten sich hiernach auch die zur Beobachtung zu bringenden Ansichten.

Wir werden von den beiden ersteren Formen den Quer- und Längsschnitt, sowie die Flächenansicht, resp. Querschnitt, Rand und Mitte des betreffenden Elementarorganes in Betracht zu ziehen haben.

Zur Erlangung des ersteren kann jeder Querschnitt des betreffenden Pflanzengewebes dienen. Derselbe muss indess gerade hier absolut senkrecht zur Zellenachse genommen und möglichst zart sein, um die auf demselben zur Geltung kommenden verschiedenen Wirkungsweisen der einzelnen Zellhülltheile u. s. w. mit Sicherheit feststellen zu können. Quer-

schnitte von Fadenalgen erlangt man am leichtesten und schönsten, wenn man einen Büschel derselben mit ziemlich starker Gummilösung (Band I Seite 325) zu einem Stäbchen formt.

Längsschnitte selbst eigenen sich nur zur Beobachtung der Polarisationserscheinungen ihrer stehenden Wände, dagegen liefern sie, worauf wir weiter unten zurückkommen werden, für die Flächenansicht oft einander entgegengesetzte und verwirrende Bilder, mit denen man erst vertraut sein muss, ehe man sie zu deuten versuchen darf. Besser eignen sich hier mittelst des Mazerationsverfahrens isolirte Zellen, in denen, wenn die betreffenden Zellen nicht sehr stark verdickt sind, der optische Längsschnitt der stehenden Wände oder des Cylinders den wirklichen meistens vollständig zu ersetzen vermag.

Hat man sich mit den optischen Erscheinungen, welche die Flächenansichten der isolirten Zellen hervorrufen bekannt gemacht, dann kann der Längsschnitt für die Beurtheilung mancher Verhältnisse mit Vortheil zur controlirenden Beobachtung verwendet werden.

Trockene, in Luft befindliche Präparate geben, wie das natürlich ist, meist nur schlechte und undeutliche Bilder, es gibt indessen einzelne Objecte, welche auch diese Beobachtungsweise vertragen. Im Allgemeinen ist dieselbe für kein Object zu empfehlen, im Gegentheil ist hier ganz derselbe Weg der Umhüllung der betreffenden Präparate einzuschlagen, welcher bereits im ersten Bande vorgezeichnet wurde. — Dass die Objecte für Polarisationsuntersuchungen einer besonderen Einhüllungsflüssigkeit, z. B. des Canadabalsams, bedürfen, ist wohl von manchen Beobachtern behauptet worden, aber keineswegs nothwendig. Man gebrauche nur getrost seine Präparate so wie man sie zur Conservirung aufbewahrt hat und sie werden in keiner Weise die Resultate der Beobachtung nachtheilig beeinflussen. Nur in einzelnen Fällen mag die Farbengebung durch eine genau angepasste Zusatzflüssigkeit etwas brillanter werden, ohne dass aber nur dadurch Verhältnisse erkannt wurden, die, einen guten Polarisationsapparat vorausgesetzt, bei Anwendung eines anderen Mittels völlig dunkel geblieben wären.

Die Aufgaben, welche uns für die Ermittelung des optischen Verhaltens der Elementarorgane vorliegen, sind aus dem ersten Bande bereits bekannt. Die optisch zweiachsige Beschaffenheit ist für die Zellstoffhülle unschwer zu erweisen, ebenso ist es ziemlich leicht, die betreffende Eigenschaft für die organischen, doppeltbrechenden Inhaltskörper (Stärke, Inulin) wenigstens mit annähernder Sicherheit festzustellen, und bei den Krystallen bleibt schon gemäss der Krystallformen, in denen sie auftreten, kein Zweifel.

Anders dagegen gestaltet sich die Sache, wenn der Achsenwinkel und der positive oder negative Charakter bestimmt werden soll. Hier werden wir in den meisten Fällen das Ziel nicht zu erreichen vermögen. Das einzige, was uns dann festzustellen möglich wird, ist die Lage der

verschiedenen Elasticitätsachsen in Beziehung auf die räumlichen Dimensionen der betreffenden Objecte.

Um diese Aufgabe zu lösen, müssen wir den entgegengesetzten Weg einschlagen, den wir im ersten Bande, S. 435 u. f. verfolgten. Während wir dort die Elasticitätsachsen als gegeben betrachteten und aus diesen Daten die resultirenden Farbenerscheinungen ableiteten, haben wir hier von den auftretenden Farbenerscheinungen aus auf die Lage der Elasticitätsachsen zu schliessen. Um diesen Schluss mit der nöthigen Sicherheit vollziehen zu können, müssen wir die beiden in jeder der drei, je zwei Elasticitätsachsen aufnehmenden Ebenen zur Geltung kommenden Elasticitätsachsen kennen. Diese drei Ebenen erscheinen aber, den mit den räumlichen Dimensionen dahingehenden Verlauf der letzteren vorausgesetzt, im Quer-, Längs- und Tangentenschnitt oder an Stelle dieses in der Fläche des Prismas, resp. der Mitte des Cylinders. Verläuft nur die eine der Achsen in dem Radius und sind die beiden anderen unter irgend einem Winkel zur Zellenachse geneigt, wie wir dieses nicht selten zu constatiren im Stande sein werden, so gibt sich dieses sofort dadurch zu erkennen, dass die Flächen- oder Mittelansicht in keiner Stellung neutral wird und auch dann Farben hervorruft, wenn die Längsachse unter 0^0 oder 90^0 orientirt ist, d. h. parallel mit einer der Schwingungsebenen der beiden Nicols verläuft. Hier kommen dann im Quer- und Längsschnitt nicht die wahren Elasticitätsachsen zur Geltung, sondern es treten an deren Stelle jene Achsen, welche die Elasticitätsverhältnisse repräsentiren, die in einem dem Gesichtsfelde parallelen (elliptischen) Durchschnitte des geneigten Ellipsoids gegeben sind. Da aber auch in letzterem Falle diese Durchschnitte und ihre beiden Achsen von der Neigung der grösseren in dem Tangentenschnitte liegenden und der in dem Radius dahingehenden Achse abhängig sind, so lässt sich auch aus den hier zu beobachtenden Farbenerscheinungen für manche Fälle mit voller, in anderen mindestens mit annähernder Sicherheit die Lage der drei Elasticitätsachsen bestimmen.

Die Beobachtung des Querschnittes und der beiden Längsansichten bei einfach gekreuzten Nicols können uns hier nur über den mit dem Radius identischen Verlauf der im Querschnitt zur Geltung kommenden einen Elasticitätsachse, sodann über den mit den beiden anderen Ausmessungen parallelen oder zu ihnen geneigten Verlauf der beiden anderen, endlich über die Lage der Achsenebene im Querschnitt sichere Auskunft geben. Dagegen vermag sie uns über die übrigen obwaltenden Verhältnisse kaum entscheidende Daten zu liefern. Zur möglichst vollständigen Kenntniss ist daher die Beobachtung der verschiedenen Ansichten des betreffenden Objectes nach der Einschaltung eines verzögernden Plättchens angezeigt, um aus den auftretenden Additions- oder Subtractionsfarben die beziehentliche Richtung der beiden in dem entsprechenden Ellipsoiddurchschnitte zur Geltung kommenden Elasticitätsachsen zu ermitteln.

Um die richtige Stellung dieses Plättchens in dem Polarisationsapparate zu erzielen, bedient man sich zweckmässig eines seinem positiven oder negativen Charakter nach bekannten mikroskopischen, zwischen den gekreuzten Nicols auf dem dunklen Gesichtsfelde nur in Farben der ersten oder zweiten Ordnung leuchtenden am besten prismatischen Krystalles. Als besonders geeignet dürfte namentlich das in sechsseitigen Säulencombinationen krystallisirende schwefelsaure Natron-Kali und das in quadratischen Säulencombinationen auftretende phosphorsaure Kali zu empfehlen sein, von welchen das erste positiv, das andere negativ ist. Hat man die brillanteste Färbung des Gesichtsfeldes erreicht, was man leicht durch Drehen des verzögernden Plättchens zu beurtheilen vermag, und bringt dann eines der erstgenannten Krystalle derart unter das Mikroskop, dass seine Achse unter + 45° orientirt ist, so hat das erstere dann die richtige mit der grössten Elasticitätsachse unter + 45° orientirte ein- für allemal zu bezeichnende Lage, wenn der letztere in Additionsfarben erscheint. Im anderen Falle muss das eingeschaltete Plättchen um 90° gedreht werden. Verwendet man ein Krystall der zweiten Verbindung, so ist die richtige Stellung des Gypsplättchens dann vorhanden, wenn jener mit seiner Achse unter + 45° orientirt Subtractionsfarben zeigt.

Indem wir jetzt zu der Beobachtung der einzelnen Theile der Elementarorgane und der Inhaltskörper übergehen, befolgen wir dieselbe Ordnung, welche bei der histiologischen Betrachtung eingehalten wurde.

I. Optisches Verhalten der Zellhaut (des Primordialschlauches) und des Zellkernes.

Die Zellhaut, mag man sie für sich allein oder nach Einschaltung eines verzögernden Plättchens beobachten, äussert unter keinen Umständen und in keiner Orientirung irgend einen zu constatirenden Einfluss auf das polarisirte Licht. Wir haben in derselben somit eine einfach brechende Membran vor uns. Um hier zu sicheren Resultaten zu gelangen, ist es nothwendig, dass man freie Primordialzellen beobachte, bei denen die Erscheinungen nicht durch die umgebende Zellhülle complicirt oder verdunkelt werden. Jedenfalls aber muss man das Beobachtungsresultat da, wo man die durch chemische Mittel contrahirte Zellhaut innerhalb der Zellhülle beobachtet, sorgfältig von dem der letzteren zukommenden Einflusse auf das polarisirte Licht frei zu halten suchen. So erscheinen z. B. die Zellhäute mancher contrahirter Algenzellen, Spirogyra, Ulothrix etc., namentlich wenn sie sich in Folge einer schwachen Contraction noch nahe an der Zellhülle liegend befinden, unter scheinbarer Farbenänderung des Gypsgrundes u. s. w. oft da, wo die Additionsfarbe des Randes (unter + 45°) noch auf die Zellfläche hinübergeht,

scheinbar in schwachen violetten bis blauen, da wo die Farbe der Mitte vorherrscht, in matten, gelben oder orangefarbenen Tönen, welche nur durch die Einwirkung der letzteren zu Stande gekommen sind.

In gleicher Weise wie die Zellhaut verhält sich der Zellkern, auf den verschiedenen Entwickelungsstufen. Selbst da, wo derselbe eine ansehnlich derbe Umhüllung zeigt, äussert er durchaus keinen Einfluss auf das polarisirte Licht. Die gegentheiligen Angaben von Erlach beruhen auf Täuschung, indem hier bei den häufig gewölbten, verschiedentlich verbogenen, manchmal gar gefalteten Membranen dieselbe Fehlerquelle sich geltend macht wie oben und man getäuscht wird, Farbenerscheinungen, welche den Membranenflächen zukommen, auf den Kern zu übertragen.

II. Optisches Verhalten der Zellhülle.

1. Parenchymzellen.

Zellen der Lagerpflanzen.

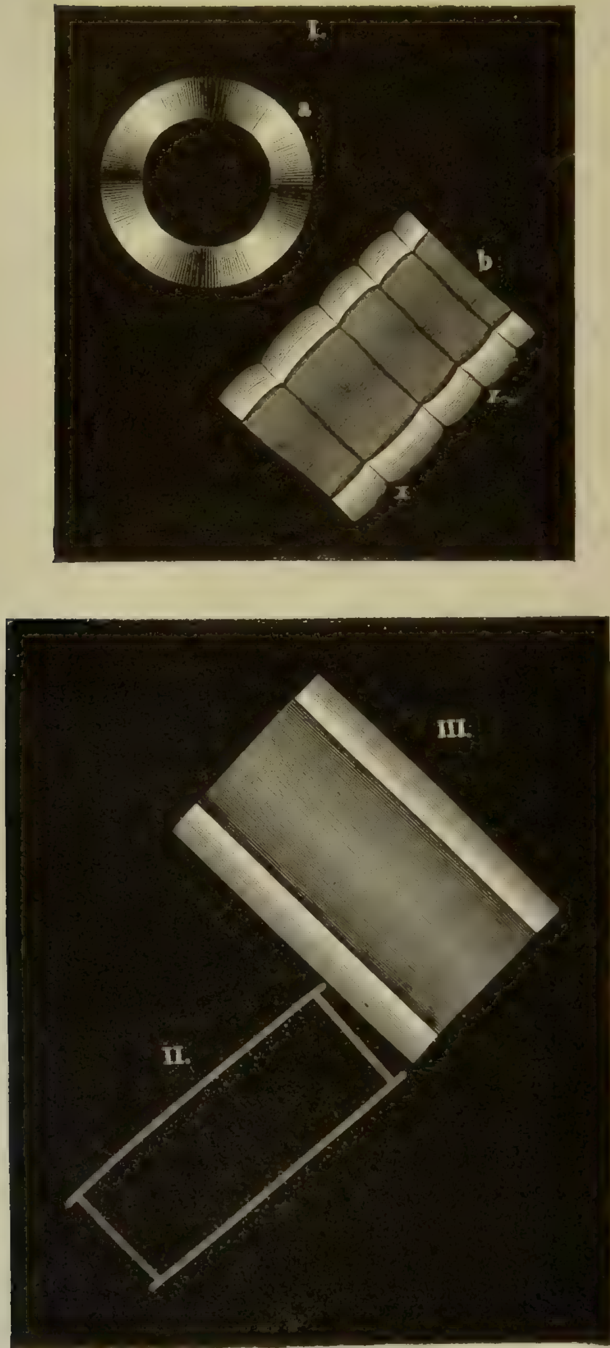
Die Zellen der Pilze und Flechten zeigen meist nur schwache Doppelbrechung, so dass sie auf dem dunkeln Grunde des Gesichtsfeldes (bei gekreuzten Nicols) höchstens in den niedrigsten Farben der ersten Ordnung leuchten. Nur einzelne Arten lassen eine stärkere Einwirkung beobachten. So z. B. leuchten die Zellen des Hutes der Polyporusarten, die wirklichen und optischen Durchschnitte der Sporen von Tuber, von einzelnen Pezizen etc., ebenso die Zellen der Bartflechte Usnea sehr deutlich glänzend weiss.

Etwas entschiedener tritt die polarisirende Wirkung der hierher gehörigen — auch der schwächer brechenden — Zellen dann hervor, wenn man ein Gypsplättchen vom Roth erster Ordnung über dem Condensator des Polarisators einschaltet.

Die Sporendurchschnitte, ebenso die Querschnitte der Hutzellen von Polyporus erscheinen dann in den Quadranten + 45⁰ orange bis gelb, in jenen — 45⁰ *) violett bis dunkelblau gefärbt, während die cylindrischen Zellen des Thallus und des Fruchtorganes bei einer Orientirung + 45⁰ sowohl auf dem optischen Längsschnitt als auf der Fläche der Zellstoffhülle blaue, bei einer solchen — 45⁰ gelbe Farben zeigen.

*) Da ich in dem ersten Theile die Quadranten des Querschnittes theils mit Rücksicht auf den gedachten Schichtenverlauf, theils nach dem sie durchschneidenden Durchmesser des Gesichtsfeldes bestimmte, wodurch leicht eine irrthümliche Auffassung veranlasst werden kann, so sind in der nachfolgenden Darstellung der Polarisationserscheinungen dieselben derart festgestellt, dass ich unter den Quadranten + 45⁰ und — 45⁰ immer jene verstehe, welche von dem gleichnamigen Durchmesser des Gesichtsfeldes durchschnitten werden. Es würden sonach z. B. in Fig. 162 die von der Linie *AA* durchschnittenen Quadranten als unter + 45⁰, die von der Linie *BB* durchschnittenen als unter — 45⁰ orientirt zu betrachten sein.

Fig. 161.

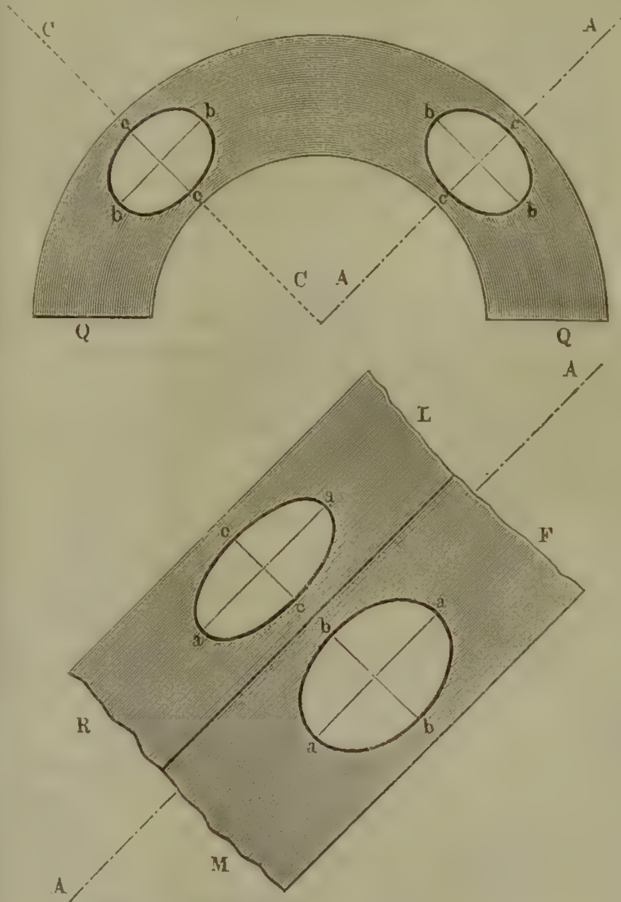


Verhalten verschiedener Zellen, Algenzellen. I. *a* Querschnitt einer verdickten Zelle von Corallina officinalis, I. *b* Längsansicht einer ähnlichen minder stark verdickten Zelle, *x* die Ansatzstellen der Seitenästchen unter + 45⁰, II. Eine Zelle von Cladophora glomerata unter + 45⁰, III. Theil einer Gliederzelle von Conferva Melagonium unter — 45⁰. Vergrösserung I. — III. = 1 : 50.

Es geht somit hier die grössere der je zur Geltung kommenden beiden Elasticitätsachsen in dem Querschnitte tangential, in dem Längsschnitte sowie in der Flächenansicht senkrecht respective longitudinal dahin. Die beiden unter 0° und 90° orientirten Lagen des Längsschnittes und der Flächenansicht verhalten sich neutral.

Aus der Combination der in den drei genannten Theilen der Zellstoffhüllen beobachteten Farbenänderungen des Gypsgrundes geht hervor, dass die radiale Axe die kleinste, die senkrechte die grösste, die tangentiale die mittlere sei, die Achsenebene somit in dem radialen Längsschnitte liegen muss (Fig. 162). Ob der Charakter der positive oder negative sei, bleibt unbestimmt, da die Lage der Mittellinie aus den gegebenen Daten nicht ersichtlich ist.

Fig. 162.



Schematische Darstellung der Lage der Ellipsoiddurchschnitte (Ellipsen), welche in Querschnitt, Rand (optischem Längsschnitt) und Mitte (Fläche) der Fadenzellen von Cladophora etc. zur Geltung kommen. *R*(*L*) Rand, *M*(*F*) Mitte, *Q* Querschnitt. *AA* grösste, *CC* kleinste Elasticitätsachse des Gypsplättchens. *aa* grösste, *bb* mittlere, *cc* kleinste Elasticitätsachse der Ellipsoidschnitte *).

Bei den Algen gibt der Querschnitt für sich das neutrale dunkle Kreuz mit den leuchtenden unter + 45° und — 45° liegenden Quadranten (Fig. 161 I. *a*), der Längsschnitt erscheint unter + oder — 45° orientirt in Weiss oder bei stärker verdickten Zellen Gelbweiss, die Fläche in Weiss (Fig. 161 I. *b*), Blaugrau, Dunkelgrau bis Schwarz (Fig. 161 II.), hie und da mit neutralen Streifen gegen die Ränder (Fig. 161 III.). Nur bei einzelnen sehr dickwandigen Arten, wie Corallina etc., treten auf Rand und Mitte der cylindrischen Zelle höhere Farben der ersten und zweiten Ordnung auf.

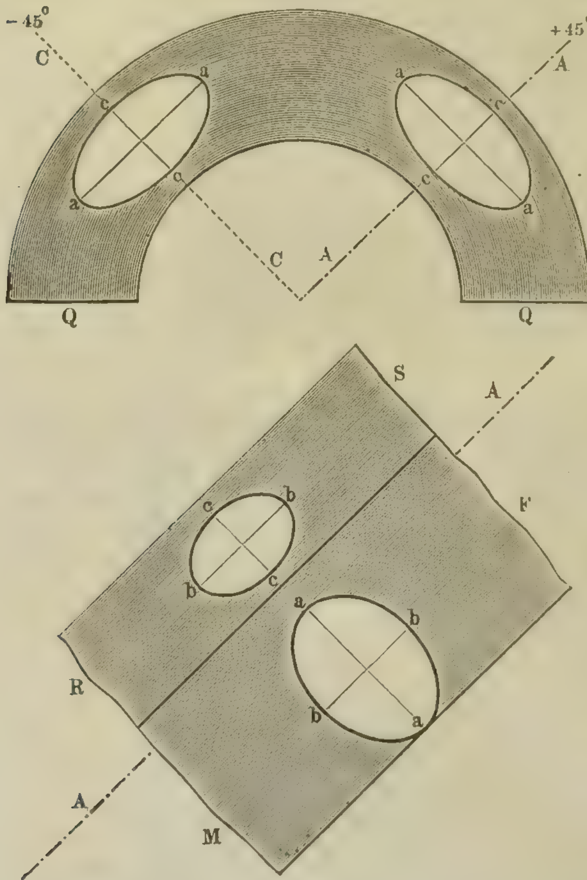
In Bezug auf das optische Verhalten der

*) Diese Bezeichnungsweise bleibt durch alle gleichartigen schematischen Figuren gleich.

betreffenden Zellen über dem eingeschalteten Gypsplättchen finden bei verschiedenen Arten etc. wesentliche Verschiedenheiten statt.

Den Zellen der Pilze und Flechten analog verhalten sich jene der Cladophora glommerata und fracta, mancher Spirogyra- und Confervaarten etc., indem der Querschnitt in den Quadranten unter + 45⁰ Subtractionsfarben, in denen unter — 45⁰ Additionsfarben zeigt, Längsschnitt und Flächenansicht aber wechselweise in beiden genannten Lagen die entgegengesetzten Farben hervorrufen, d. h. die rothe Farbe des Gypsgrundes im Längsschnitt und in der Flächenansicht beziehungsweise in Blau oder Gelb umändern. Hiernach sind die Achsenverhältnisse hier ganz die gleichen, wie bei der vorhergehenden Zellengruppe.

Fig. 163.



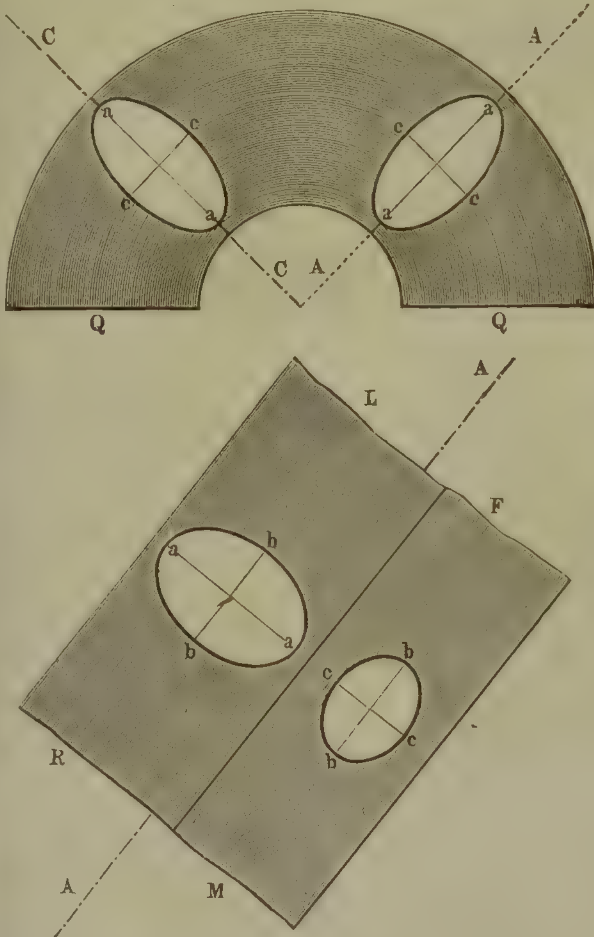
Die in Querschnitt, Rand und Mitte der Zelle von Conferva Melagonium u. s. w. zur Geltung kommenden Ellipsoiddurchschnitte.

Ein anderes Verhältniss zeigen einige andere Algen, unter diesen z. B. einzelne Arten von Oedogonium, die dünnwandigen Zellen der Spirogyren- und Ulothrixarten, Conferva Melagonium etc. Hier ändert der Querschnitt die Grundfarbe unter + 45⁰ in Gelb, unter — 45⁰ in Blau, der Längsschnitt beziehentlich in Blau und Gelb, die Flächenansicht in Gelb und Blau, während zwischen den Rändern und der Mitte und zwar ziemlich nahe dieser zwei neutrale Streifen auftreten, welche den Gypsgrund wiedergeben. Hiernach muss in dem erstern und der letztern die grössere Achse tangential, im zweiten axial liegen, also die kleinste Elasticitätsachse eine radiale, die grösste eine tangentiale, die mittlere eine longitudinale Stellung einnehmen und die Achsenebene in den Querschnitt fallen. Manche dieser Algenfäden erscheinen unter 0⁰ und 90⁰ auf der Fläche neutral, andere lassen dagegen Färbungen erkennen — die indessen, sei dies in Folge der

schwachen Wirkung, sei es in Folge von durch die Aufbewahrung (wie bei Conferva Melagonium etc.) hervorgerufenen Eingriffen in die Zellstoffhülle (Faltungen und dergleichen) — nicht bestimmt genug ausfallen, um ein sicheres Urtheil zu fällen.

Möglich daher, dass in diesem letzteren Falle dieselben Verhältnisse der feineren Structur sich geltend machen, wie wir dies weiter unten bei den Zellen der höheren Gewächse mehrfach zu erörtern Gelegenheit haben werden.

Fig. 164.



Die in Querschnitt, Rand und Mitte der Caulerpazellen zur Geltung kommenden Ellipsoiddurchschnitte.

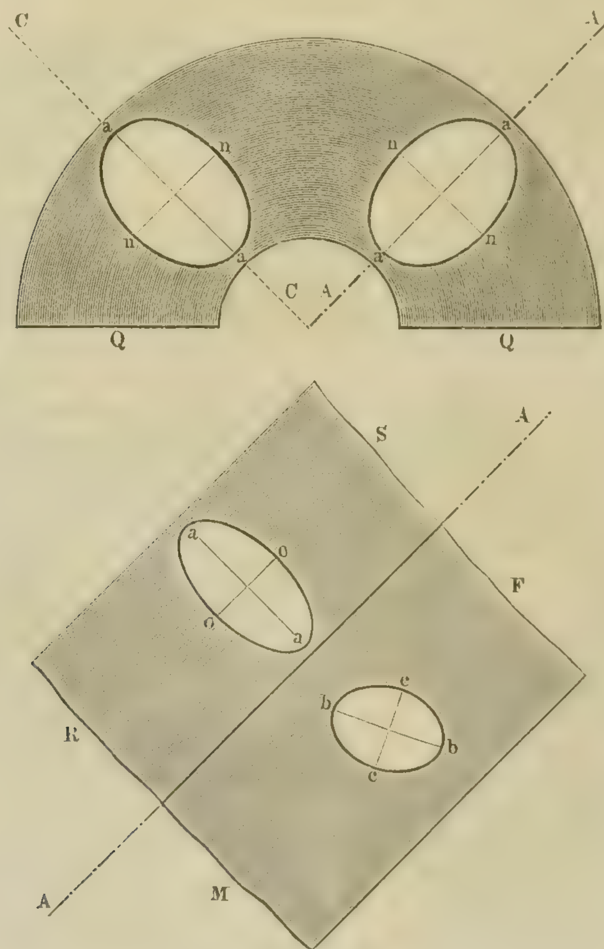
Wird Conferva media, nachdem die anhaftenden Kalktheilchen durch Salzsäure gelöst sind, einige Zeit in kalter Kalilauge mazerirt, so ändern sich in manchen Zellen des Fadens die Lichtbrechungsverhältnisse, welche ursprünglich entweder mit denen der Cladophora glommerata übereinstimmen, oder auf der Flächenansicht stellenweise wechselnde Färbungen hervorbringen, nun in merkwürdiger Weise, während zugleich die verschiedenen Streifensysteme der Zellstoffhülle deutlich hervortreten. Der Querschnitt zeigt noch die bezüglich in dem Durchmesser + 45° und — 45° liegenden gelben und blauen Quadranten, ebenso behält der optische Längsschnitt seinen additionalen Charakter bei; die Fläche aber ändert den Gypsgrund in Gelb um, während zwischen den Rändern und der Mitte zwei neutrale Streifen erscheinen, so dass also das gleiche Verhalten eintritt, wie wir es bei Conferva Melagonium beobachteten.

Die verschiedenen Caulerpaarten färben den Gypsgrund im Querschnitt unter + 45° blau, unter — 45° gelb, während unter gleicher Orientirung der Längsschnitt Gelb und Blau, die Flächenansicht — ganz junger Zweige wenigstens, denn bei den älteren verhält sich diese an

verschiedenen Stellen verschieden und erscheinen diese je blau oder gelb gefärbt — Blau und Gelb hervorrufen.

Die Stellung der je zur Geltung kommenden grösseren Elasticitätsachse ist demnach im Quer- und Längsschnitt radial, in der Fläche senkrecht oder axial (Fig. 164 a. v. S.), woraus folgt, dass bei Lage der Achsenebene im Querschnitt die radiale Achse die grösste ist. Bei älteren Theilen

Fig. 165.



Ellipsoidalschnitte älterer Caulerpatheile. *nn* und *oo* die aus der Neigung der mittleren und kleinsten Achse in Quer- und Längsschnitt resultirenden Achsen der Ellipsoidalschnitte.

der Pflanze würde dies Verhältniss sich dann stellenweise für jene Theile, welche als Wurzelfasern bezeichnet werden, und welche — bei gleichem Verhalten des Querschnittes wie die Stengeltheile — in Längsschnitt und Flächenansicht unter + 45° das Roth des Gypsplättchens auf Orange bis Gelb und resp. Weissgelb erniedrigen, unter — 45° auf Blau erhöhen, so

umgestalten, dass bei gleicher Stellung der grössten Achse entweder die Achsenebene in den Radialschnitt fiele, also die mittlere Achse tangential, die kleinste axial zu liegen käme, oder — was dadurch wahrscheinlich wird, dass die betreffenden Pflanzentheile unter 0° und 90° nicht neutral werden, sondern mehr oder minder stark ausgesprochene wechselnde Farbentöne zeigen — dass die mittlere Elasticitätsaxe aus der axialen Lage in eine um mehr als 45° zur Zellenachse geneigte überginge (Fig. 165).

Die Zellen der Fucoideen (Fucus, Laminaria) erniedrigen auf dem Querschnitte in den Quadranten + 45° die Farbe des Gypsgrundes auf Gelb, während sie dieselbe in jenen — 45° auf Blau erhöhen. Der optische Längsschnitt erscheint unter + 45° orientirt, lebhaft dunkel- bis hellblau, die Flächenansicht schwach orangefarben, ohne dass mit voller Sicherheit zu entscheiden wäre, ob zwischen der Additionsfarbe des ersteren und der Subtractionsfarbe des letzteren neutrale Streifen auftreten.

Der Querschnitt von Corallina officinalis, mag er von stark verdickten oder den noch kaum verdickten Zellen genommen sein, zeigt immer unter + 45° Subtractions-, unter — 45° Additionsfarben, welche je nach der Dicke von Orange bis Weisslich und von Dunkelblau bis Grünlichblau wechseln. Rand und Mitte der cylindrischen Zellen zeigen für verschiedene Individuen verschiedenes Verhalten. So befinden sich bei manchen der von dem Mittelstamme ausgehenden wenig verdickten Aestchen der optische Längsschnitt sowohl als die Flächenansicht unter + 45° in Addition, während bei anderen nur der erstere den Gypsgrund in der Farbe erhöht, die letztere aber erniedrigt, und die beiden neutralen Streifen zwischen Rand und Mitte auftreten. In gleicher Weise wie die Astzellen verhalten sich die Stammzellen an allen den Stellen, welche von den Ansatzstellen jener frei sind. Es steht somit hier im Querschnitt die grössere der beiden Elasticitätsachsen tangential, die kleinere radial, während im ersteren Falle die grössere Achse in Rand- und Flächenansicht longitudinal oder axial gestellt ist, im anderen diese Stellung nur der Randansicht zukommt, in der Flächenansicht aber in die tangentiale übergeht.

Hieraus folgt, da sich auch die glatten Wandstellen unter 0° und 90° als neutral erweisen, dass für beide Fälle die kleinste Elasticitätsachse radial gerichtet ist, im ersteren die grösste Elasticitätsachse axial, die mittlere tangential dahingeht und die Achsenebene im Radialschnitt liegt, im anderen aber, bei tangentialer Lage der grössten und axialen der mittleren Achse, die Achsenebene in den Querschnitt fällt.

Die Zellen des Stengels von Polysiphonia complanata verhalten sich ganz so wie die Fadenzellen der Cladophora, und ebenso lassen mehrere Formen der Ceramiaceen ein gleiches Verhalten beobachten.

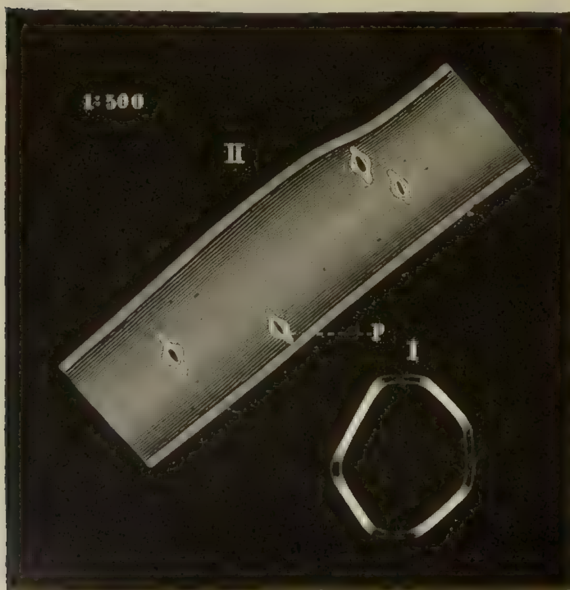
Zellen der Moose.

Das Parenchym des Stengels der Laub- und Lebermoose zeigt, soweit ich beobachtet habe, durchgängig das gleiche Verhalten. Der Querschnitt erhöht das Roth des Gypsplättchens in den Quadranten von — 45° zu Blau, und erniedrigt es in den Quadranten von + 45° zu Gelb. Der Längsschnitt erscheint unter der Orientirung von + 45° blau, die Flächenansicht schwach orange gefärbt, während bei einer Drehung um 90 Grad, also unter — 45°, eine Umkehrung der Farbenverhältnisse eintritt. Der Querschnitt und die Flächenansicht haben sonach die grössere Achse tangential, der Längsschnitt axial oder longitudinal gerichtet. Hieraus dürfte wohl, da die grösste Elasticitätsachse jedenfalls tangential gerichtet ist, die Achsenebene in den Querschnitt fallen.

Parenchym der Gefässkryptogamen und Phanerogamen.

Das gestreckte Parenchym des Stengels der Gefässpflanzen zeigt für den Querschnitt ein völlig übereinstimmendes Verhalten. Dieser besitzt für sich das neutrale Kreuz unter 0° und 90° (Fig. 166 I.), und auf dem Gypsgrunde beobachtet man die vier gefärbten Quadranten, von denen die unter + 45° sich in Subtraction, die unter — 45° in Addition befinden. Für die Längsansichten machen sich dagegen verschiedene Abweichungen in der optischen Wirkungsweise geltend.

Fig. 166.



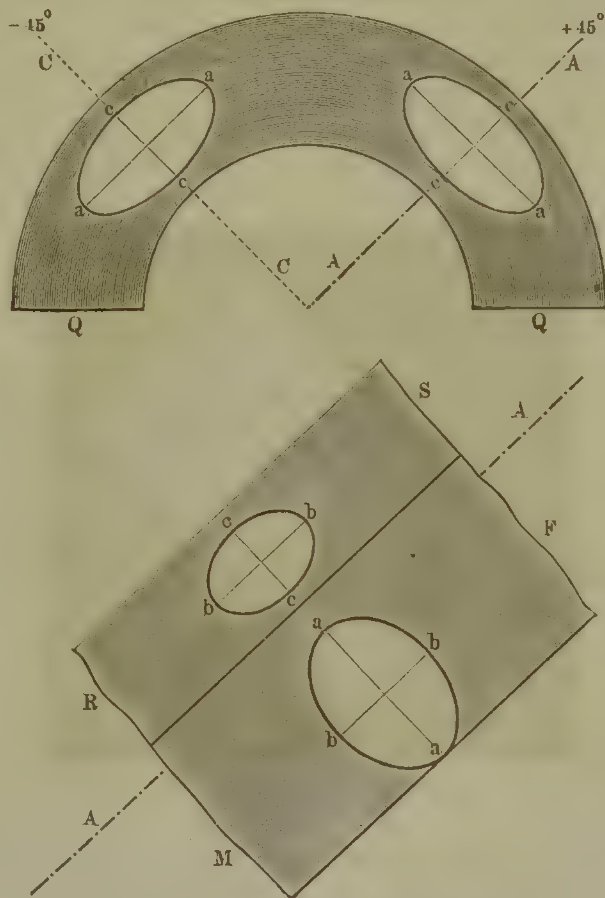
I. Querschnitt einer Parenchymzelle von Equisetum arwense. II. Theil einer ähnlichen isolirten Zelle unter + 45°. *p* spaltenförmige, horizontalgestellte Poren. Vergr. 1 : 500.

Die gestreckten dünnwandigen Parenchymzellen des Stengels von Equisetum, der Wedel von Pteris aquilina und anderen einheimischen Farnkräutern, von Cycas, Dion, Ceratozamia (Wedelstiel), von Asparagus, Pothos, Anthurium, Arundo donax,

Aloe (Blüthenschaft im inneren Theile) u. s. w., die Albumenzellen von Phoenix, die Zellen des gestreckten Markparenchyms vieler Dikotyledonen zeigen, soweit sie horizontal-spaltenförmige Poren oder auch glatte Wände besitzen, folgendes Verhalten.

Der wirkliche, oder bei mazerirten Zellen der optische Längsschnitt resp. der Cylinderrand erhöht den Gypsgrund zu Blau, die Flächenansicht

Fig. 167.



Die in Querschnitt, Rand und Mitte der dünnwandigen gestreckten Parenchymzellen mit horizontal gestellten Porenspalten zur Geltung kommenden Ellipsoidenschnitte.

oder die Mitte des Cylinders erniedrigt ihn zu Gelb, während bei prismatischen Zellen die geneigten Scheidewände bald in Addition, bald in Subtraction, bald neutral erscheinen. Bei cylindrischen Zellen treten ausserdem in dem dunklen Gesichtsfelde, wie über dem Gypsplättchen zwischen Rand und Mitte zwei neutrale Streifen auf (Fig. 166 II.), welche namentlich bei nicht zu schwach verdickten Exemplaren, die auf der Cylinderfläche stärker ausgeprägten Subtractionsfarben zeigen, sehr deut-

lich zu beobachten sind. Die Stellungen unter 0° und 90° lassen die Zellen neutral erscheinen.

Diese Farbenerscheinungen bedingen für die grösseren der je zur Geltung kommenden Elasticitätsachsen im Querschnitt eine tangentiale, im Längsschnitt oder in der Cylinderwand eine axiale, in der Fläche oder der Cylindermitte eine tangentiale Stellung (Fig. 167 a. v. S.), woraus hervorgeht, dass bei tangentialer Lage der grössten Elasticitätsachse die Achsenebene von dem Querschnitte aufgenommen wird, da für diese Zellenform eine schiefe Lage der axialen und tangentialen Axen nicht angezeigt erscheint. Der positive oder negative Charakter bleibt unbestimmt, da nicht zu entscheiden ist, ob die tangentiale (grösste) oder die radiale (kleinste) Elasticitätsachse als Mittellinie angenommen werden muss.

Fig. 168.

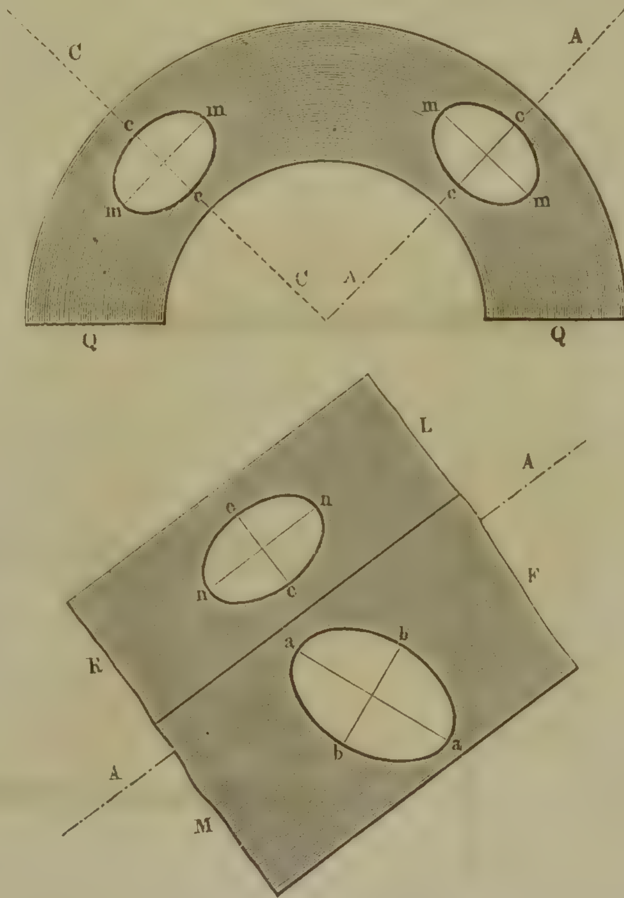


Theilstück einer der verdickten Markparenchymzellen von Clematis vitalba mit zur Zellenachse geneigten, in einer rechtswandigen Spirale ansteigenden, spaltenförmigen Porencanälen *P*. Vergr. 1 : 500.

Die Zellen des Holzparenchyms mancher Laubhölzer, ferner die gestreckten Parenchymzellen, z. B. des Markes dieser und anderer Pflanzen (Equisetum u. s. w.), denen eine mässige, die Markzellen von Clematis, denen eine ziemlich stark entwickelte secundäre Wandverdickung eigen ist, besitzen etwas in die Breite gezogene Poren, deren Längendurchmesser in der oberen Wandfläche isolirter Zellen in einer stark nach rechts, in der unteren in einer ebenso nach links geneigten Spirale aufsteigt, also mit der Zellenachse einen zwischen 45° und einem Rechten liegenden Winkel bildet. Diese Structur lässt auf eine spiralige Anordnung der betreffenden Verdickungsschichten schliessen, durch welche voraussichtlich die Stellung der in dem Tangentialschnitte liegenden Elastici-

tätsachsen alterirt werden muss, indem diese, dem Verlaufe der Spirale folgend, eine zur Zellenachse geneigte Stellung annehmen (Fig. 169). Das optische Verhalten bestätigt diese Voraussetzung vollständig. Isolirte Zellen, welche sich sonst denen der vorhin betrachteten Gruppe ganz gleich verhalten und namentlich sehr deutliche Streifen gegen die Ränder zeigen (Fig. 168), erscheinen auf der Fläche nämlich in keiner Stel-

Fig. 169.

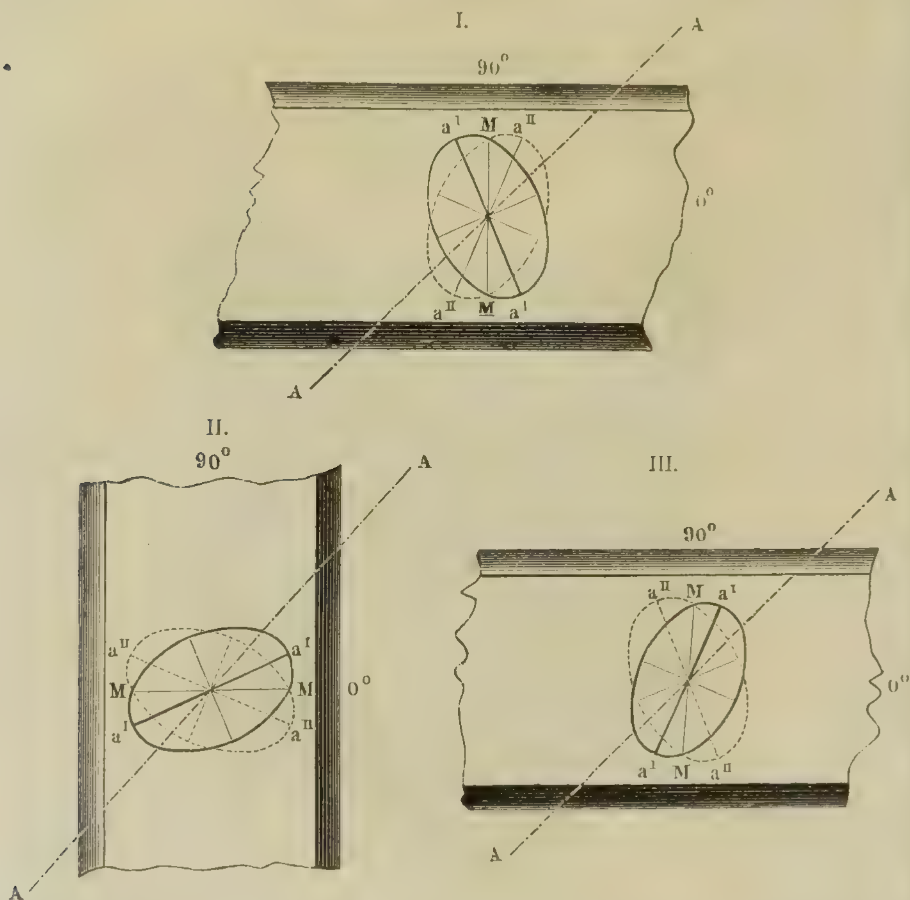


Die in Querschnitt, Rand und Mitte der Markzellen von Clematis u. s. w. zur Geltung kommenden Ellipsoiddurchschnitte. *m m* und *n n* die aus der Neigung des Elasticitätsellipsoides resultirenden respectiven grössten und mittleren Achsen.

lung neutral. Mit der Längsachse unter 90⁰ orientirt, erniedrigen dieselben den Gypsgrund zu Röthlichorange bis Orange, unter 0⁰ erhöhen sie ihn auf Blauviolett bis Indigo, woraus hervorgeht, dass die grösseren Achsen der in der oberen und unteren Wandfläche zur Geltung kommenden Elasticitätsellipsen unter einem über 45⁰ hinausgehenden Winkel zu jener geneigt sind (Fig. 169). Auf Längsschnitten tritt hier in dem Ver-

halten solcher Zellenschnitte, wo nur die aneinandergrenzenden Scheidewände je zweier Zellen erhalten, die oberen und unteren Wandflächen dagegen weggeschnitten sind, insofern ein Wechsel ein, als unter der oben angenommenen Orientirung gerade der entgegengesetzte Farbencharakter hervorgerufen wird. Diese auffällige Erscheinung erklärt sich sofort, wenn man die Aufeinanderfolge der sich in ihrer Wirkung verbindenden

Fig. 170.



I. Die beiden auf oberer und unterer Wandmitte zur Geltung kommenden Ellipsoidquerschnitte der unter 0^0 orientirten Zelle von Clematis u. s. w. *MM* Mittellinie, a^{II} untere, a^{I} obere grösste Elasticitätsachse, *AA* grösste Achse des Gypsplättchens. — II. Gleiche Darstellung bei einer Orientirung der Zelle unter 90^0. — III. Gleiche Darstellung für die beiden Wände zweier aneinandergrenzender Zellen bei Orientirung unter 0^0.

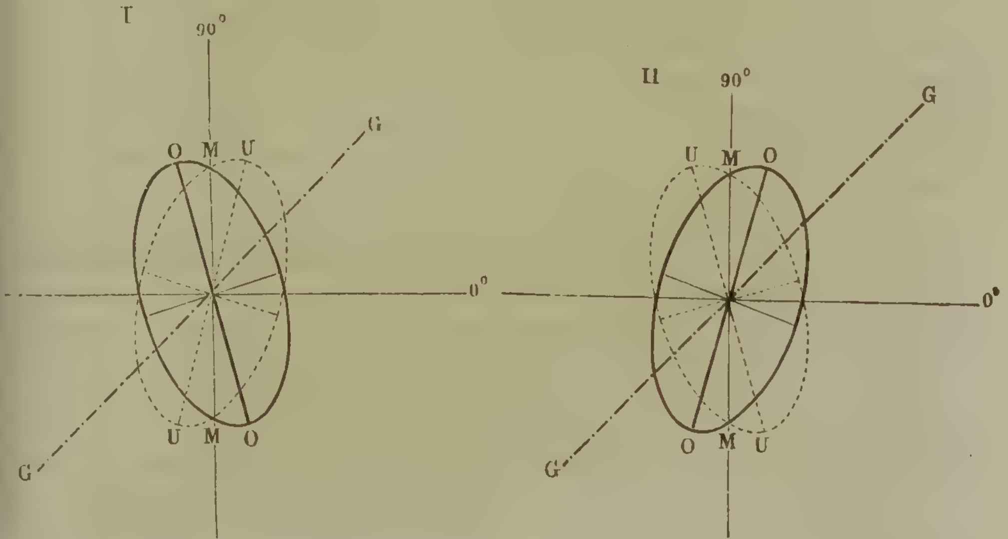
Elasticitätsachsen berücksichtigt. Im ersteren Falle steigt die grössere Achse der unteren Zellfläche nach einer links-, die der oberen nach einer rechtswandigen Spirale an, während dies Verhältniss im anderen Falle eine Umkehrung erleidet. Wir haben dort bei der Orientirung der Zelle resp. der Zellenachse unter 0^0 die sogenannte Consecutiv-, unter 90^0 die Alternativstellung (Fig. 170 I. u. II.), hier dagegen (Fig. 170 III.)

unter 0° die Alternativ-, unter 90° die Consecutivstellung der grösseren Achsen von Gypsplättchen, von unterer und oberer Zellfläche, während die Mittellinie der beiden letzteren resp. unter 90° und 0°, und unter 0° und 90° dahingeht, also senkrecht zur Zellenachse gerichtet ist *).

---

*) Auf dieses Verhältniss der Aufeinanderfolge der geneigten Achsen habe ich in der Behandlung des betreffenden Verhaltens zweier Gypsplättchen Seite 427 des ersten Bandes keine Rücksicht genommen. Erst das verschiedene Verhalten der Markzellen von Clematis im Längsschnitt führte mich darauf hin und fand ich die betreffende Aufklärung in Nägeli's Abhandlung, Seite 94 u. f., dessen Bezeichnung ich oben gefolgt bin. Unter Consecutivstellung hat man jene Anordnung der drei gleichwerthigen Elasticitätsachsen von der Prüfungsplatte *G* und den beiden übereinanderliegenden Versuchsplättchen *U* (das untere), *O* (das obere) zu verstehen, bei der sich jene von unten nach oben wendeltreppenartig folgen (Fig. 171 I.). Alternativstellung dagegen bezeichnet

Fig. 171.



Die Elasticitätsellipsen I. zweier nach linkswendiger Spirale gekreuzter, mit ihrer Mittellinie unter 90° orientirter Gypsplättchen gleicher Farbe über dem feststehenden Gypsplättchen, *G* Consecutivstellung; — II. zweier nach rechtswendiger Spirale gekreuzten gleichfarbigen Plättchen unter 90°, Alternativstellung; *GG* grösste Elasticitätsachse des feststehenden Gypsplättchens, *UU* und *OO* die gleichen Achsen des unteren und oberen der gekreuzten Plättchen, *MM* deren Mittellinie.

jene Lage, wo die drei in Betracht kommenden gleichwerthigen Achsen im Zickzack aufeinanderfolgen (Fig. 171 II.). Dass der Consecutivstellung unter 0° bei unveränderter Lage des Plattenpaares, unter 90° die Alternativstellung folgen muss und umgekehrt, dass die erstere, möge sie unter 0° oder unter 90° eintreten, eine Erhöhung, die letztere eine Erniedrigung des Farbencharakters bedingt, ist einleuchtend und kann leicht durch den Versuch erwiesen werden, indem man in den Versuchsplättchen die grössere Elasticitätsachse erst in dem oberen, dann in dem unteren eine von der Mittellinie nach links abweichende Lage einnehmen lässt.

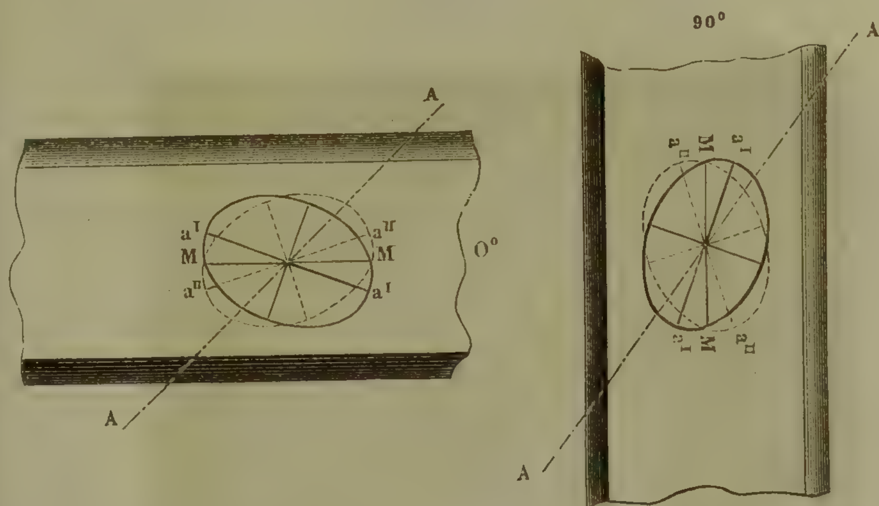
Ein von dem eben geschilderten ganz verschiedenes Verhalten macht sich für die stärker verdickten, verholzten Parenchymzellen aus der Rinde der Equiseten und der Farnkräuter für die bekannten, die Gefässbündel umgebenden und auch zerstreute Bündel bildenden faserartigen Zellen aus dem Stamme und Wedelstiele der einheimischen und tropischen Farnkräuter, dann für die verholzten Parenchymzellen, welche bei den Monokotyledonen die Rinde von dem Inneren des Stammes scheiden und sich z. B. in dem Blüthenschafte von Aloe sehr schön in langgestreckter Parenchymform ausgeprägt finden, bemerkbar.

Bei allen diesen, steil ansteigende Porenspalten besitzenden Zellen reagirt der Querschnitt zwar ganz gleich gegen unser Gypsplättchen, wie bei der vorigen Gruppe; der optische Längsschnitt (resp der Rand), und die Flächenansicht (resp. die Mitte) des Cylinders aber, welche für sich beobachtet ohne neutrale Streifen (Fig. 173 III.) und in keiner Stellung neutral erscheinen, befinden sich bei dem Mangel der neutralen Streifen unter + 45⁰ oder — 45⁰ orientirt beide in Addition oder Subtraction. Bei den verhältnissmässig dünnwandigen Zellen der Equiseten- und Farnkräuterrinde, der verholzten faserartigen Zellen von Pteris etc. und der Rindenscheide von Aloe tritt auf dem optischen Längsschnitte Violett bis Roth, auf der Mitte Blau bis Blaugrün zweiter Ordnung auf, während das Steigen und Sinken der Farben auf dem Cylindermantel der stark verdickten Zellen von Cyathea incana, Alsophila senilis u. s. w. in schmäleren und breiteren farbigen Streifen in der Reihe der Newton'schen Scala erfolgt. Da hier die Stellung der Poren und die deutlich von diesen ausgehenden streifenartigen Unterbrechungen der secundären Verdickungsschichten eine spiralige Ablagerung dieser letzteren bekunden, so dürfte das beobachtete optische Verhalten wol einzig durch die secundäre Zellstoffhülle hervorgerufen sein, deren optische Wirkung vermöge ihrer Dicke jene der primären Wand überwiegt, und es würden in ihr bei radialer Stellung der kleinsten Elasticitätsachse die beiden anderen die Zellenachse unter einem schiefen Winkel schneiden, welcher bei der grössten, die parallel der nach rechts aufsteigenden Spirale der Streifen dahingeht, jedenfalls unter 45⁰ bliebe.

Für die erstere Voraussetzung scheint mir ein Beweis darin zu liegen, dass auf solchen Längsschnitten, wo zufällig von einer und der anderen Zelle nur die primäre Wandung stehen geblieben ist, während die Verdickungsschichten durch den Schnitt abgenommen wurden, ein optisches Verhalten der betreffenden Zellen oder Zellenstücke eintritt, welches mit jenem der wenig verdickten, horizontal gestellte Porenspalten besitzenden Parenchymzellen übereinstimmt. Um die Richtigkeit der zweiten zu erweisen, dient ausser dem Fehlen der neutralen Streifen zwischen den Rändern und der Mitte des cylindrischen Objectes die Beobachtung der betreffenden Zellen bei einer Orientirung unter 0⁰ und 90⁰. In ersterer Stellung erscheint die Zellenfläche unter blauen, in der letzteren unter gelben bis orangenen Farbentönen. Jene ist also, bei mit der

Zellenachse paralleler Richtung der Mittellinie zwischen den Schwingungsebenen die sogenannte Consecutiv-, diese die Alternativstellung (Fig. 172 I. u. II.), was im Vergleiche mit der Additions- und Sub-

Fig. 172.



I. Consecutiv-, II. Alternativstellung der Ellipsoiddurchschnitte für die stärker verdickten Parenchymzellen von Aloe u. s. w., unter 0⁰ und 90⁰.

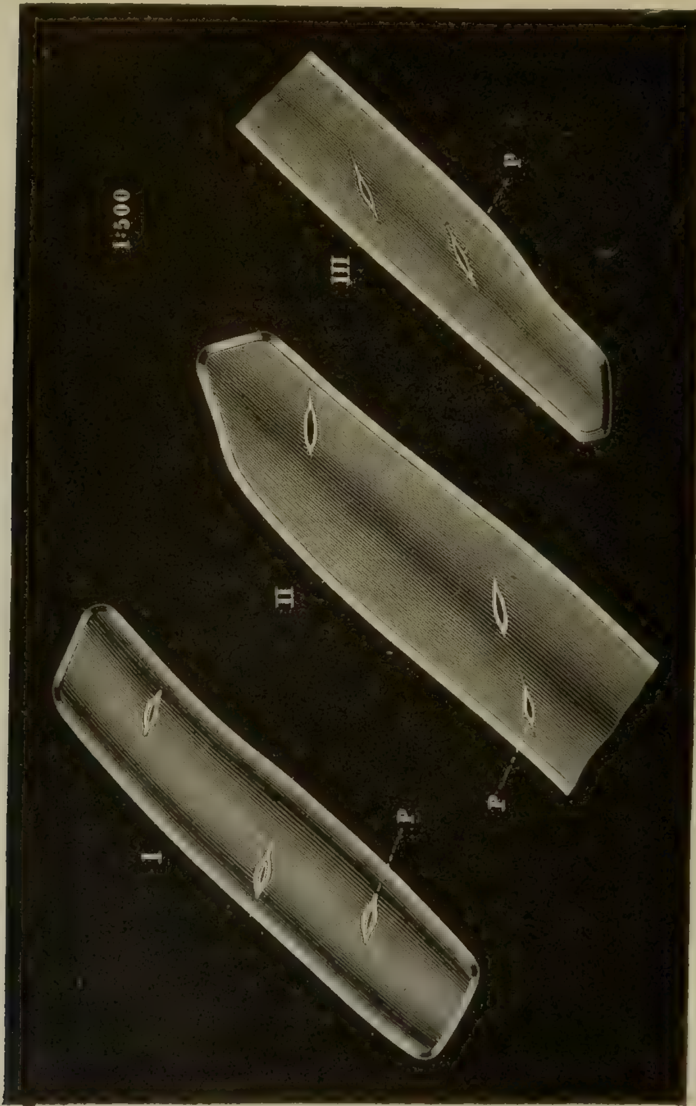
tractionslage für die in der oberen Zellenfläche zur Geltung kommenden grössten Elasticitätsachsen eine unter 45⁰ bleibende Neigung nach rechts, für die in der unteren wirksame eine gleiche Neigung nach links von der Zellenachse bedingt.

Wie bei den betrachteten Parenchymzellen überall eine der spiraligen Anordnung der secundären Verdickungsschichten folgende Neigung der im Tangentenschnitt liegenden Elasticitätsachsen wirklich stattfindet, beweisen aufs klarste die gerade bei Aloe und noch mehr bei dem verholzten Rindenparenchym tropischer Farnkräuter, in denen die spiralige Anordnung der Verdickungsschichten weit deutlicher ausgeprägt ist, unschwer aufzufindenden Uebergänge von Zellen mit wenig ansteigenden spaltenförmigen Poren zu solchen mit stufenweise steiler ansteigenden, und das in gleichem Verhältnisse eintretende verschiedene optische Verhalten. Während bei den einen Zellen die Mitte der Fläche auf dem dunklen Grunde ziemlich stark leuchtet, auf dem Gypsgrunde entschieden in Subtraction ist und an den Rändern zwei neutrale Streifen auftreten (Fig. 173 I. a. f. S), zeigt sie sich bei anderen weniger entschieden erniedrigend, bei noch anderen — mit etwa um 45⁰ gegen die Zellenachse geneigten Poren — neutral (Fig. 173 II.) und nimmt dann in den stärker verdickten, welche auf dem dunklen Grunde über die ganze Fläche leuchten (Fig. 173 III.), mit steigender Entschiedenheit die oben geschilderte Färbung an. Schon bei einfacher Betrachtung der einzelnen

Zellindividuen lässt sich hier der optische Charakter und die in der Fig. 174 dargestellte Lagen- und Formänderung der verschiedenen Ellipsoiddurchschnitte vorausbestimmen.

Das polyëdrische Parenchym der in der Ueberschrift genannten Pflanzen verhält sich analog dem zartwandigen gestreckten Parenchym,

Fig. 173.

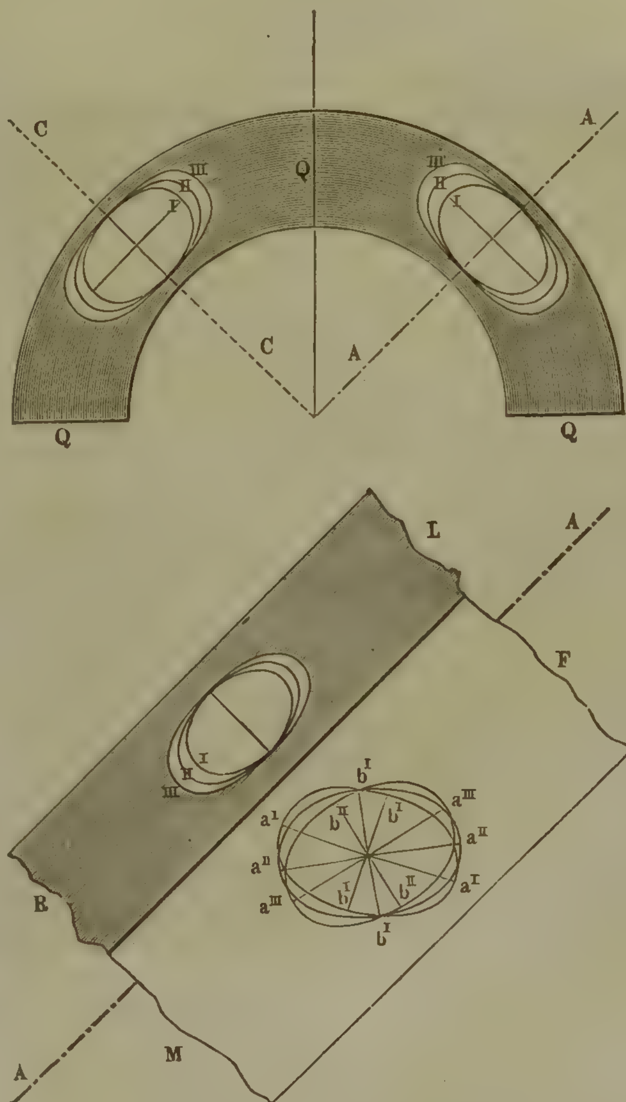


Drei Parenchymzellen von Aloe succotrina mit einer rechtsansteigenden Spirale folgenden Porencanälen P, welche bei I. einen über 45° hinausgehenden, bei II. einen 45° gleichen, bei III. einen unter 45° bleibenden Winkel mit der Zellenachse bilden. Vergr. 1 : 500.

indem die Durchschnittsansichten der Wände, je nachdem sie unter $+ 45^0$ oder $- 45^0$ orientirt sind, auf dem Gypsplättchen sich in Addition oder in Subtraction befinden. Die horizontale Fläche zeigt häufig keinen bestimmten Charakter, indem stellenweise Additions- und Subtractionsfarben miteinander wechseln; die geneigten Seitenwände lassen einen ähn-

lichen Wechsel beobachten, der von ihrer Neigung zur Horizontalebene abhängig erscheint.

Fig. 174.



Wechsel der Ellipsoidendurchschnitte, wie er in den gestreckten Zellen des Blüthenschaftes von Aloe in Querschnitt, Rand und Mitte bei verschiedener Neigung der grösseren tangentialen Elasticitätsachse zur Zellenachse auftritt. Die Coefficienten I. II. III. bezeichnen die den im Texte erwähnten verschiedenen Neigungen entsprechenden Ellipsoiddurchschnitte.

Die Zellen des Korkgewebes.

Von den hierhergehörigen Zellen lassen sich dem optischen Verhalten nach zwei Gruppen unterscheiden.

Die einen, wozu u. A. die Korkzellen der Kartoffelknolle, des Stammes von Yucca und Dracaena (Yucca aloefolia und Dracaena Draco) gehören, verhalten sich auf Durchschnitten den Parenchymzellen analog. Dieselben haben somit die kleinste Achse radial gestellt.

Die anderen, wozu die Kork- und Peridermazellen von Quercus, Prunus, Tilia, Betula, Carpinus, Pinus (hier nur die dünnwandigen, während sich die stark verdickten — wenn sie überhaupt zum Kork- und nicht zum Rindenparenchym zu zählen sind — der vorigen Gruppe anschliessen), Urostigma elasticum, Lycium, Sambucus, Solanum (Stengel), überhaupt der grösseren Anzahl der Phanerogamen gehören, zeigen auf dem Gypsplättchen in Durchschnitten unter $+ 45^0$ Subtractions-, in solchen unter $- 45^0$ Additionsfarben. Hieraus geht hervor, dass die grösste Achse in dem Radius dahingeht, während die Stellung der beiden anderen Achsen unbestimmt bleibt.

Die Zellen der Oberhaut.

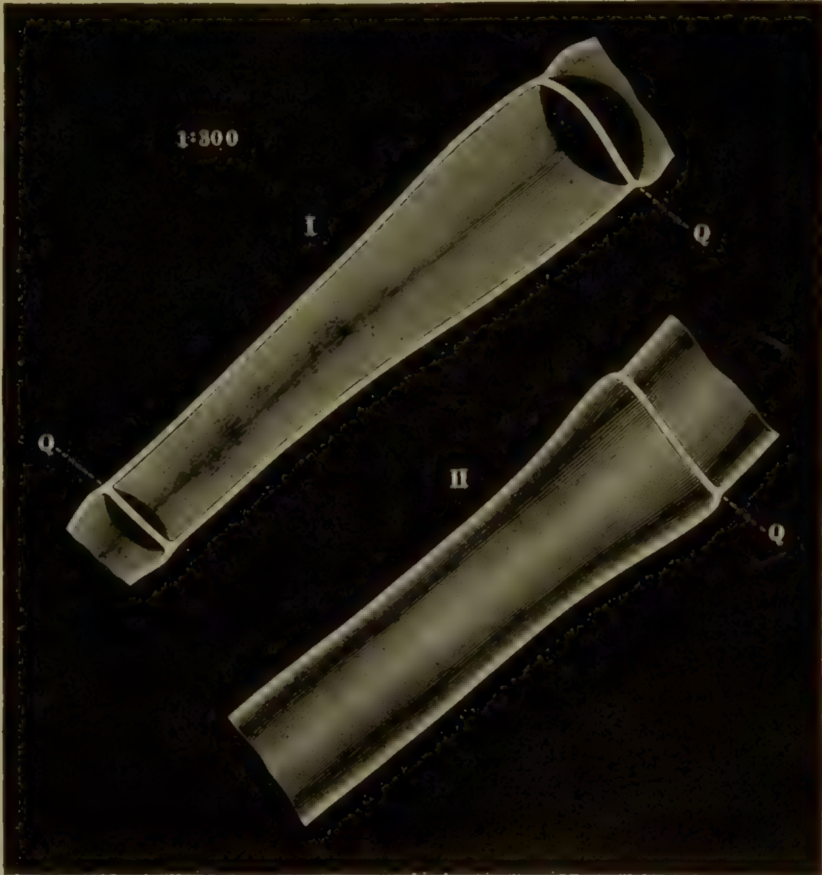
Alle jene Zellen der Oberhaut, welche keine Cuticularschichten gebildet haben, stimmen in ihrem optischen Verhalten mit dem zartwandigen, isodiametrischen Parenchym des Pflanzeninnern überein. Dasselbe ist bei den mit Cuticularschichten versehenen Oberhautzellen mit den inneren nicht cuticularisirten Zellstoffschichten der Fall. Die Cuticularschichten dagegen zeigen ein abweichendes Verhalten, welches indessen nach längerer Maceration in kalter, oder nach kurzer Behandlung mit kochender Kalilauge in das der nicht cuticularisirten Zellstoffhülle übergeht. Jeder nach irgend einer der drei Dimensionen des Raumes geführte Durchschnitt erhöht in denjenigen Wänden, welche mit dem Radius $- 45^0$ des Gesichtsfeldes parallel gerichtet sind, die Farbe des Gypsgrundes auf Indigo bis Hellblau, während er dieselben in den mit dem Durchmesser von $+ 45^0$ parallelen Wänden auf Orange bis Gelb erniedrigt. Die Zellfläche der Seitenwände zeigt bei solchen Objecten, wo die Cuticularschichten die unveränderten Zellstoffschichten bedeutend an Dicke und optischer Wirkung überwiegen, in Längs- und Querschnitt mit dem auf der Blatt- oder Stengeloberfläche senkrechten Durchmesser unter $+ 45^0$ orientirt Additions-, in der entgegengesetzten Stellung Subtractionsfarben, jene der Aussenwand zarter Flächenschnitte erscheint unter Dunkelblau, wenn der eine ihrer Durchmesser unter $+ 45^0$, unter Orange, wenn er unter $- 45^0$ orientirt ist. Aus diesem Verhalten lässt sich nun schliessen, dass bei jedenfalls zweiachsiger Beschaffenheit des Objectes die grösste Elasticitätsachse radial gestellt sein muss, während die anderen, in der Tangentialebene liegend, eine gegen den jeweiligen Durchmesser geneigte Lage haben, ohne dass aber eine genauere Bestimmung der letzteren zu treffen möglich wäre.

Für die der Oberhaut angehörigen Haarzellen, deren kleinste Elasticitätsachse immer radical gestellt ist, machen sich in der Längsansicht zwei verschiedene Fälle des optischen Verhaltens geltend, welche mit den

beiden bei den gestreckten Parenchymzellen beobachteten zusammenfallen.

Unter den ersten Fall, bei welchem das Verhalten in dem dunklen Gesichtsfelde (Fig. 175 II.) und die Farbengebung in den beiden Orien-

Fig. 175.



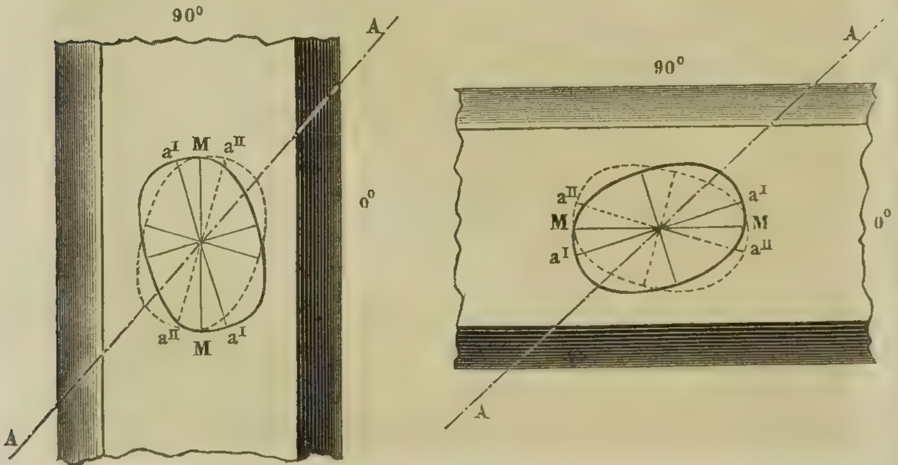
Zwei Haarzellen; I. von Origanum vulgare, II. von Stachys palustris. *QQ* Querwände. Vergr. 1 : 300.

tirungen unter + 45° und — 45°, also auch Lage und Form der Ellipsoiddurchschnitte in Querschnitt, Rand und Mitte der Zellen (s. Fig. 169 S. 299) dieselbe ist, wie bei den Markparenchymzellen von Clematis u. s. w., gehören die zartwandigen Haarzellen des Stengels von Erodium, Geranium, von Stachys palustris und sylvatica entweder durchgängig, oder auch nur theilweise, indem die einen Zellen desselben Haares diesem, die anderen dem nächsten Falle sich anreihen. Es macht sich aber hier unter den betreffenden Objecten insofern wieder ein Unterschied geltend, als bei einer über 45° hinausgehenden Neigung der grössten Elasticitätsachse zur Zellenachse erstere einmal in einer links ansteigenden (Erodium), das andere Mal in einer rechts ansteigenden (Stachys) Spirale verläuft,

indem dort bei der Orientirung unter 0° die Alternativ-, unter 90° die Consecutivstellung (s. Fig. 170 III.), hier unter 0° die Consecutiv-, unter 90° die Alternativstellung auftritt (s. Fig. 170 I. u. II.).

Dem zweiten Falle gehören die stärker verdickten und manche mässig verdickte Haarzellen an, u. A. diejenigen von Origanum vulgare, Echium, Onosma, die Brennhaare von Urtica u. s. w. Diese zeigen unter + 45° und — 45° orientirt in dem dunkeln Gesichtsfelde die ganze Fläche leuchtend (Fig. 175 I.) auf dem Gypsgrunde ähnliche Farbengebung wie die verholzten Parenchymzellen von Aloe, Cyathea u. s. w., wobei an den stärker verdickten Haaren die prachtvollsten Töne hervortreten. In den Orientirungen unter 0° und 90° treten dagegen wieder ähnliche Verschiedenheiten hervor wie in der vorigen Gruppe. Bei den Haarzellen von Echium, Onosma erweist sich die Stellung unter 0° als Consecutiv-, jene unter 90° als Alternativstellung (s. Fig. 172), bei Urtica ist das Umgekehrte der Fall (Fig. 176). Wir haben also bei radialer Stel-

Fig. 176.



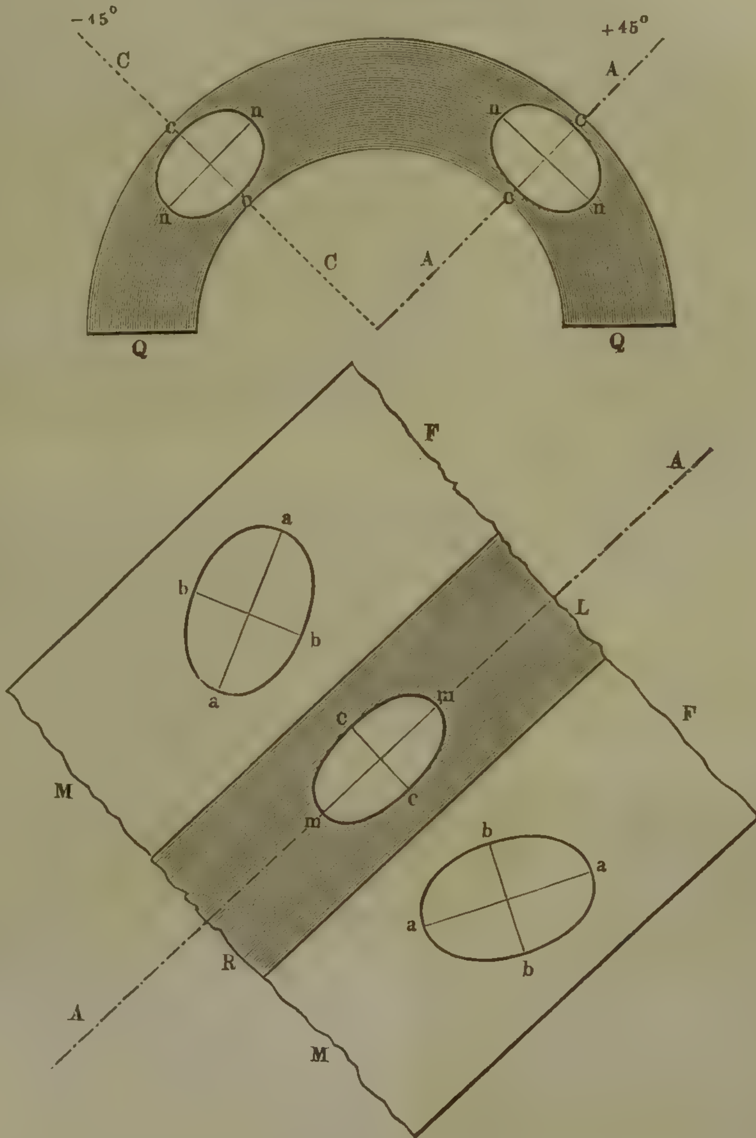
I. Consecutiv-, II. Alternativstellung der Ellipsoiddurchschnitte unterer und oberer Wandmitte für die Haarzellen mit einer linkswendigen Spirale folgender, die Zellenachse unter kleinem Winkel schneidender grösster Elasticitätsachse.

lung der kleinsten Elasticitätsachse ein Ansteigen der grössten unter weniger als 45° zur Zellenachse geneigten Elasticitätsachse (Fig. 177) dort in einer rechtswendigen, hier in einer linkswendigen Spirale, womit auch die zu beobachtende Structur der secundären Verdickungsschichten von Urtica z. B. vollkommen übereinstimmt, indem diese in steil nach links ansteigenden Spiralbändern mit schmalen Unterbrechungsstreifen verlaufen.

Ein Rückblick auf das optische Verhalten der Parenchymzellen lässt zwar mancherlei Verschiedenheiten erkennen, dennoch aber macht sich, wenn wir von den Cuticularschichten der Oberhautzellen, von den Korkzellen und den Zellen der Caulerpa-Arten absehen, eine gewisse Ueber-

einstimmung zwischen ihnen und der feineren Structur der Zellstoffhülle bemerkbar, welche in folgenden Sätzen ihren Ausdruck findet:

Fig. 177.



Stellung der Ellipsoiddurchschnitte in Querschnitt, Rand und Mitte der Haarzellen mit unter 45⁰ zur Zellenachse geneigter grösserer Elasticitätsachse, die am unteren Theile der Längsansicht einer rechtsansteigenden, im oberen einer linksansteigenden Spirale folgt.

1. Die kleinste Elasticitätsachse ist stets radial, also senkrecht zur Membranfläche, oder zur Schichtung dieser (Conferva, Cladophora, Farnkräuter, Clematis u. s. w., Haarzellen) gerichtet.

2. Die grösste und mittlere Elasticitätsachsen liegen in einem Tangentenschnitte.
3. Die grösste Elasticitätsachse kann von einer mit der Zellenachse parallelen Stellung aus, wo die Achsenebene in den Diametralschnitt fällt (Cladophora), jede beliebige Neigung zu dieser annehmen (Aloe etc.), bis sie senkrecht auf ihr steht (Oedogonium (?), sehr dünnwandiges Parenchym) und die Achsenebene vom Querschnitte aufgenommen wird.
4. Wo sich in der Wandfläche eine regelmässige Anordnung der Zellstoffschichten beobachten oder vermuthen lässt, d. h. wo diese mit Unterbrechungen in der Fläche, also in Form von Streifen, Bändern, abgelagert sind, da folgt die grösste Elasticitätsachse stets der Längsrichtung (Cladophora) dieser oder der Spirale (Aloe, Clematis u. s. w.), in welcher sie verlaufen, während die mittlere senkrecht darauf steht.

2. Die Faserzellen.

Holzfasern.

Die Holzfasern der Cycadeen, Nadel- und Laubhölzer leuchten auf dem Querschnitte, wenn dieser zart genug ist, unter + 45° und — 45° in den niedersten Interferenzfarben, meist Grau bis Weiss der ersten Ordnung, und besitzen unter 0° und 90° das neutrale Kreuz. Hierbei treten die primären und tertiären Zellstoffhüllen als die stärker, die secundären Verdickungsschichten als die minder stark wirkenden Theile auf, indem erstere die Interferenzfarben auf Weiss, die anderen in verschiedene Abänderungen von Grau erhöhen, das meist um so dunkler wird, je mächtiger die secundäre Wandpartie ist (Fig. 178).

Fig. 178.

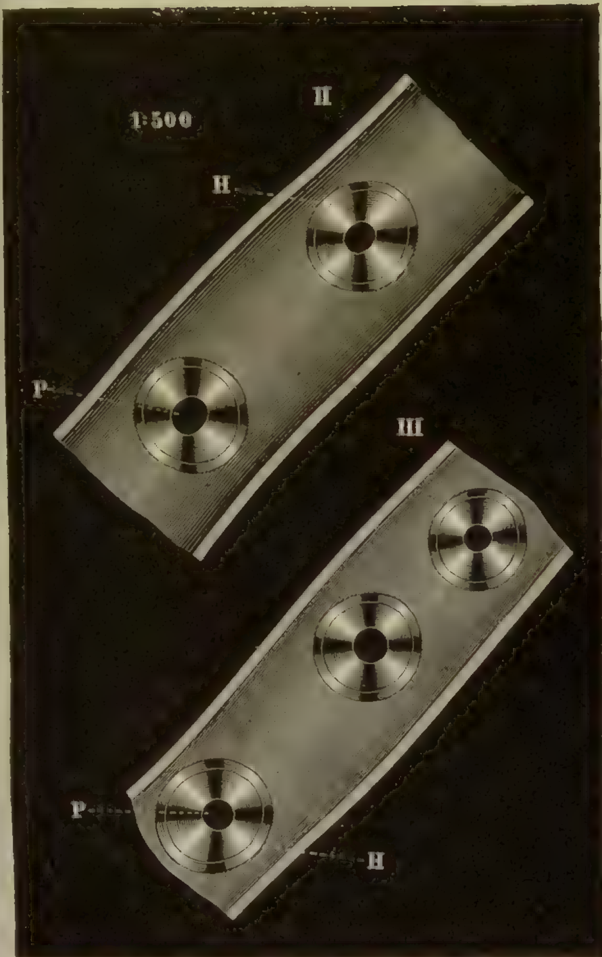


Herbstholzzelle von Pinus silvestris im Querschnitt; *p* primäre Zellstoffhülle, *s* secundäre Verdickungsschichten, *t* tertiäre Schicht. Vergr. 1 : 500.

Isolirte Zellen mit der Längsachse unter + oder — 45° orientirt, zeigen, während sie bald mit, bald ohne neutrale Streifen erscheinen (Fig. 179) und die Poren sich gleich dem Querschnitte verhalten, d. h. das unter 0° und 90° dahingehende neutrale Kreuz hervorrufen, ihren höchsten Glanz, geben aber auch unter 0° den

Fig. 179.





dunklen Grund nicht wieder, d. h. sie erscheinen unter keiner Stellung ganz neutral. Nur bei einzelnen Individuen wird es die Mitte der Fläche in allen Stellungen.

Die Interferenzfarben, welche unter + oder — 45⁰ auf Rand und Mitte der isolirten Zellen hervortreten, zeigen eine dreifache Verschiedenheit. Bei den Zellen der Cycadeen, welche schiefe Porenspalten besitzen, wie bei den meisten der minder stark verdickten, weiten Zellen des Frühlingsholzes der Nadelbäume, auch wenn die Porencanäle eine kreisrunde Gestalt haben, erscheint der Rand in hellem Weiss, die Mitte matter Weiss bis Grauweiss, und zu beiden Seiten in der Nähe des ersteren treten zwei neutrale Streifen auf (Fig. 179 I. u. II.). Nur bei den hierhergehörigen Zellen von

---

I. Theil einer Holzzelle von Cycas revoluta mit rechts ansteigenden spaltenförmigen Porencanälen, welche mit der Zellenachse einen über 45⁰ hinausgehenden Winkel machen. *H* Porenhöfe. — II. Theil einer isolirten Frühlingsholzzelle von Pinus silvestris mit runden Porencanälen. — III. Frühlingsholzzelle von Abies pectinata mit gleichfalls runden Porencanälen. *P* und *H* wie unter I. Vergr. 1 : 500.

Abies pectinata fehlen häufig die neutralen Streifen und es leuchtet die ganze Fläche (Fig. 179 III.). Bei etwas stärker verdickten Zellen können die Interferenzfarben von Weiss bis zu Gelb und Orange der ersten Ordnung steigen, dann gehen dieselben anfangs rascher, später langsamer auf Weiss bis Grau zurück, bis ein grösserer oder kleinerer Theil der Mitte als vollständig neutral erscheint. Die stark verdickten Herbstholzzellen lassen an dem Rande die Interferenzfarben nicht selten (Pinus canariensis, auch Pinus silvestris etc.) von Weiss über Gelb, Orange bis zu Roth erster Ordnung, oder zu Violett bis Blau zweiter Ordnung steigen, von wo aus dieselben anfangs rascher, dann langsamer bis auf verschiedene Abstufungen von Weiss zurückgehen, welches den grösseren Theil oder fast die ganze Mitte der dem Beobachter zugekehrte Fläche einnimmt.

Ziehen wir aus diesem optischen Verhalten unsere Schlüsse, so ergibt sich, dass die Holzfasern sämmtlich den zweiachsigen Charakter besitzen, dass eine der drei Elasticitätsachsen in dem Radius dahingeht, dass in deren Rande eine der grösseren Achsen vorzugsweise zur Geltung kommt, während auf der Mitte je nach Umständen eine Neigung der in dem Tangentenschnitte liegenden beiden Achsen zur Zellenachse auftritt, welche von über 45^0 an — in den dünnwandigen Zellen — bis zu einem sehr kleinen spitzen Winkel — in den dickwandigen Herbstholzzellen — sinken kann, und endlich dass in Betracht des Verhaltens von Querschnitten in den secundären Verdickungsschichten der Herbstholzzellen zwischen der radialen und der kleineren in dem Tangentenschnitte liegenden Achse der Unterschied in der Grösse nur ein unbedeutender sein kann. Weitere Aufschlüsse werden wir nunmehr aus dem Verhalten von Querschnitt, Rand und Mitte der Fasern über einem eingeschalteten Gypsplättchen von Roth erster Ordnung zu entnehmen haben.

Der Querschnitt aller Holzzellen liefert auf dem Gypsplättchen in den Quadranten von + 45^0 Subtractions-, in jenen von — 45^0 Additionsfarben. Hier tritt bei den stärker verdickten Holzfasern der Unterschied in der Wirkung der primären und tertiären Zellstoffhülle einerund der secundären Verdickung andererseits, der bei dünnwandigen gleichartigen Elementen — wie oben — ebenfalls lange nicht so bedeutend ist, noch entschiedener hervor als vorher. Die ersteren erhöhen und erniedrigen die Interferenzfarben in den betreffenden Quadranten entschieden auf Dunkel- bis Hellblau und Orange bis Hellgelb, während die letzteren bei hinreichend dünnen Schnitten nur eine sehr schwache Färbung in Violett bis Dunkelblau und Roth-Orange bis Orange hervorrufen, ja manchmal anscheinend neutral erscheinen.

Für die Längsansichten haben wir zunächst die Beobachtung solcher Zellen heranzuziehen, in denen zwar die primäre Membran, aber noch keine andere Verdickungsschicht abgelagert ist. Als Objecte können entweder zarte Längsschnitte durch die Cambiumregion in lebhaftem Wachsthume begriffener Triebe, oder isolirte Zellen aus demselben Theile des Gefässbündels dienen. Die passenden Zellen muss man dann heraus-

suchen und finden sie sich leicht da, wo der Porenhof sich eben zu bilden beginnt, wo also, wie aus der Entwickelungsgeschichte der Poren (S. 93 u. f.) hervorgeht, nur erst die primäre Membran vorhanden ist. Unter + 45⁰ orientirt bringen die Ränder auf dem Gypsgrunde Additionsfarben hervor, dann folgt jederseits ein neutraler Streifen und die Mitte befindet sich in Subtraction. Letztere zeigt bei der geringen Dicke der Zellstoffhülle natürlich eine nur schwache Wirkung, die indessen noch immer — namentlich auf dem Violett der dritten Ordnung, dem sogenannten Uebergangsviolett — mit voller Bestimmtheit wahrzunehmen ist. Unter 0⁰ und 90⁰ erscheinen die isolirten Zellen anscheinend neutral.

Aus diesem Verhalten, verglichen mit jenem des Querschnittes, folgt, dass die kleinste Elasticitätsachse radial, die grösste tangential, die mittlere axial gestellt ist, wobei wegen der schwachen Wirkung der jugendlichen Zellhäute noch unentschieden bleibt, ob die zweite senkrecht, also die dritte parallel zur Zellenachse gerichtet, oder ob sie in einem über 45⁰ hinausgehenden Winkel zu derselben geneigt ist.

In allen den Zellen, welche Verdickungsschichten gebildet haben, wechselt das zu beobachtende optische Verhalten, mit Ausnahme der Poren, welche unter allen Umständen eine der des Querschnittes völlig gleiche Farbengebung hervorrufen, mannigfach.

Die Holzfasern der Cycadeen, bei denen ein Unterschied in der Verdickung nicht hervortritt und deren in rechtswendiger Spirale ansteigenden spaltenförmige Porencanäle einen über 45⁰ hinausgehenden Winkel mit der Zellenachse machen, erscheinen isolirte Zellen unter + 45⁰ orientirt auf den Rändern in Addition, auf der Mittel- oder Flächenansicht in Subtraction und zwischen letzteren und ersteren in der Nähe dieser zwei neutrale Streifen, sodann erweist sich die Orientirung unter 0⁰ als Consecutiv-, jene unter 90⁰ als Alternativstellung, bei resp. unter 90⁰ und 0⁰ gerichteter Mittellinie der beiden grössten Achsen der schief gerichteten Elasticitätsellipsoide.

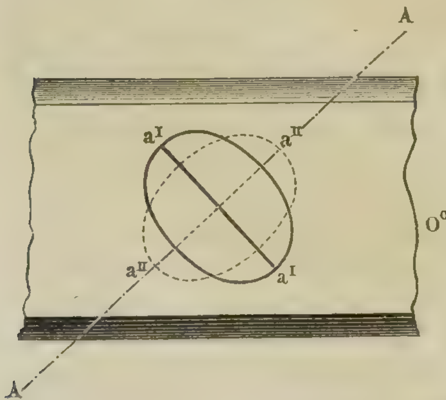
Aehnlich verhalten sich im Allgemeinen die dünnwandigen Wurzelholzzellen von Araucaria, die sämmtlichen Holzzellen von Taxus baccata, die Frühlingsholzzellen von Pinus silvestris, strobus und canariensis, von Larix europaea, Ephedra, Gnetum, die eigenthümlich spiralig verdickten Frühlingsholzzellen des Astholzes von Pinus silvestris, des Stammholzes von Wellingtonia und Juniperus, mehr vereinzelt die gleichen Elemente von Abies pectinnata und Picea vulgaris.

Dies Verhalten beweist, dass bei allen diesen Zellen die kleinste Elasticitätsachse radial dahingeht, die in einer tangentialen Ebene liegenden mittlere und grösste aber die Zellenachse schief schneiden, und zwar derart, dass die letztere, welche einer den Porenspalten entsprechenden, und da, wo eine spiralige Anordnung der secundären Verdickungsschichten ersichtlich ist (Pinus canariensis, Pinus silvestris, Ast-, Juniperus, Wellingtonia, Stammholz) einer mit dieser gleichgerichteten Spirale folgt, einen etwas über 45⁰ hinausgehenden Winkel mit ihr macht. In dieser

Achsenstellung findet dann auch die etwas stärkere Wirkung der secundären Verdickung dieser dünnwandigen Zellen auf dem Querschnitte ihre Erklärung, da in derselben für den betreffenden Ellipsoidquerschnitt neben der radial gestellten eine diese an Grösse stark überwiegende tangential gerichtete zur Geltung kommt.

Einzelne Individuen der etwas stärker verdickten Frühlingsholzzellen von Pinus silvestris und canariensis, Abies pectinuata, Picea vulgaris und Larix europaea lassen eine Neigung der Porenspalten von 45° gegen die Zellenachse beobachten und dem entsprechend unterscheidet sich das optische Verhalten gegen das eben beschriebene. Dieselben bleiben gleich den entsprechenden, verdickten Parenchymzellen von Aloe (Fig. 173 II.) auf der Mitte in allen Stellungen neutral, während die Farben des Randes und der ausserhalb des neutralen Mittelstreifens liegenden Flächentheile Additionsfarben hervorrufen und sich unter 0° in der Consecutiv-, unter 90° in der Alternativstellung befinden. Zugleich erscheinen die Interferenzfarben auf dem Querschnitte auf den hierhergehörigen Zellen in den secundären Verdickungsschichten gegen den vorhergehenden Fall an Intensität vermindert und in der Newton'schen Reihe in den Additionsquadranten herabgedrückt, in den Subtractionsquadranten erhöht. Es bleibt also zufolge des hier beobachteten optischen Verhaltens die kleinste Elasticitätsachse wiederum radial gestellt, während die beiden anderen unter 45° zur Zellenachse geneigt, und zwar die grösste der betreffenden Spirale folgend, die mittlere auf dieser senkrecht stehend in einem Tangentenschnitt liegen (Fig. 180).

Fig. 180.



Stellung der Ellipsoiddurchschnitte bei Pinus etc. für die Mitte solcher Zellen, bei denen die grössere Elasticitätsachse die Zellenachse unter 45° schneidet, bei Orientirung unter 0°.

Eine grosse Zahl der schon etwas stärker verdickten Frühlingsholzzellen von Abies pectinnata und Picea vulgaris, dann die sämmtlichen Herbstholzzellen aller beobachteten Nadelholzarten mit Ausnahme von Taxus besitzen spaltenförmige Porencanäle, beziehungsweise breite, nur durch schmale, oft spaltenförmige Streifen getrennte Spiralbänder, welche in einer nach rechts ansteigenden Spirale die Zellenachse unter Winkeln von nahezu 45° bis von wenigen Graden schneiden, bei Abies sogar oft parallel zu dieser gestellt sind. Dieselben zeigen ein den stark verdickten Parenchymzellen von Aloe u. s. w. entsprechendes optisches Verhalten über dem Gypsplättchen. Die ganze unter 45° orientirte Zelle, Rand sowohl als Mitte, befindet sich in Addition, und es steigen die betreffenden Farbenstreifen vom äussersten Rande an bis zum Innenrande des optischen Längsschnittes

ziemlich rasch, hierauf anfänglich noch rascher, dann langsamer bis zu einer der Dicke der Wandungen entsprechenden Interferenzfarbe auf der Mitte an. Unter — 45° treten unter gleichbleibenden Verhältnissen von Sinken und Steigen Subtractionsfarben auf, die in allen Fällen, wo in der Additionslage Roth zweiter Ordnung zu Tage trat, auf Schwarz herabgehen. Die Orientirung von 0° stellt sich hier als Consecutiv-, die von 90° als Alternativstellung dar (Fig. 172 S. 303).

Das weiter oben hervorgehobene Verhalten des Querschnittes verschiedener Zellenindividuen erklärt sich nun hinreichend aus der radialen Stellung der kleinsten, der in einem Tangentenschnitte verlaufenden Lage der grössten und mittleren Elasticitätsachse, wobei erstere wieder der den Porenspalten oder den Verdickungsbändern entsprechenden Spirale parallel dahingeht. Wo nämlich der Winkel zwischen grösster Elasticitäts- und Zellenachse noch wenig unter 45° bleibt, da kommt im Querschnitt neben der kleinsten radialen eine diese überwiegende tangentiale Achse des betreffenden Ellipsoidquerschnittes zur Geltung (Fig. 174 S. 305) und es tritt die gleiche, wenn auch abgeschwächte Farbengebung wie in der primären Zellstoffhülle auf. Wo aber der Winkel viel kleiner als 45° oder gar 0° wird, also die grösste Elasticitätsachse mit der Zellenachse parallel geht, da kann der Fall eintreten, dass die beiden in dem betreffenden Ellipsoidquerschnitte zur Geltung kommenden Achsen nahezu einander gleich sind, jener also zu einer immer weniger verlängerten Ellipse, endlich annähernd zum Kreise wird, und das Object sich jetzt nahezu gleich einem einachsigen Körper verhält. Da in diesem Falle die beiden Kreisschnitte des Ellipsoides nahe an der Ebene der mittleren und kleinsten Elasticitätsachse liegen, die grösste also den spitzen Achsenwinkel hälftet, so spricht dieses für den zweiachsig-positiven Charakter der secundären Verdickung.

Gleich den dickwandigen Holzzellen der oben genannten Nadelhölzer verhalten sich, soweit meine Erfahrungen reichen, fast sämmtliche, auch die dünnwandigen Holzzellen der Laubholzarten (Brugmannsia, Tilia, Anona [Wurzelholz] etc.), ähnlich wie die dünnwandigen Zellen von Pinus u. s. w., nur einzelne wenig oder mässig verdickte, fast quergestellte Porenspalten besitzende (Anona [Wurzel], Aristolochia), so dass bei denselben ganz derselbe Achsenverlauf wie bei jenen erschlossen werden darf.

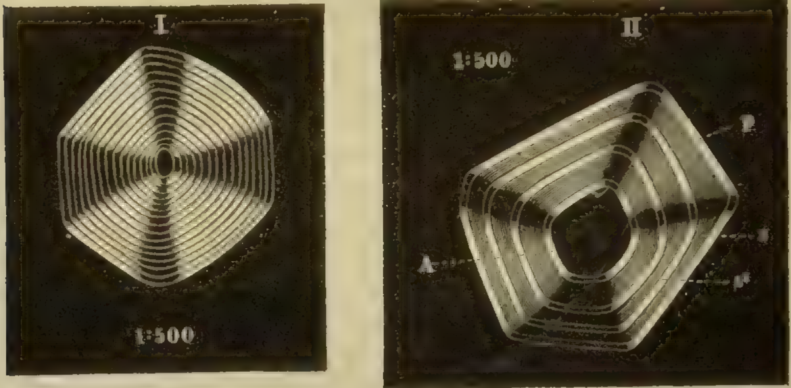
In allen diesen Fällen beobachtet man auf den Längsschnitten unter gleichen Verhältnissen die gleichen Farbenänderungen unter 0° und 90°, d. h. die Verwechselung von Consecutiv- und Alternativstellung, wie solche auf S. 298 u. 299 von den Markzellen der Clematis geschildert wurden.

Bastfasern.

Im Querschnitt der Bastfasern treten überall das unter 0° und 90° dahingehende neutrale Kreuz und die unter + und — 45° liegenden leuchtenden Quadranten auf. In Bezug auf die verschiedenen Wandpartien macht sich aber ein dreifacher Unterschied geltend.

Die Bastzellen der Laubhölzer (Tilia und Quercus) und der Cycadeen — doch hier mit geringerem Unterschied zwischen der primären und secundären Zellstoffhülle — verhalten sich ähnlich wie die Holzfasern, jene der krautartigen Gewächse (Begonia, Lysimachia, Urtica), dann jene der Asclepiadeen und Apocyneen, der Nadelhölzer (Larix) zeigen in allen Theilen ein nahezu gleichstarkes Leuchten (Fig. 181 I.) und

Fig. 181.



I. Querschnitt einer Bastzelle von Begonia spec. — II. Gleiches Präparat einer Bastzelle von Caryota ureus. *p* primäre Hülle, *s* weniger dichte, *s'* dichte secundäre Verdickungsschicht, *t* tertiäre Membran. Vergr. 1 : 500.

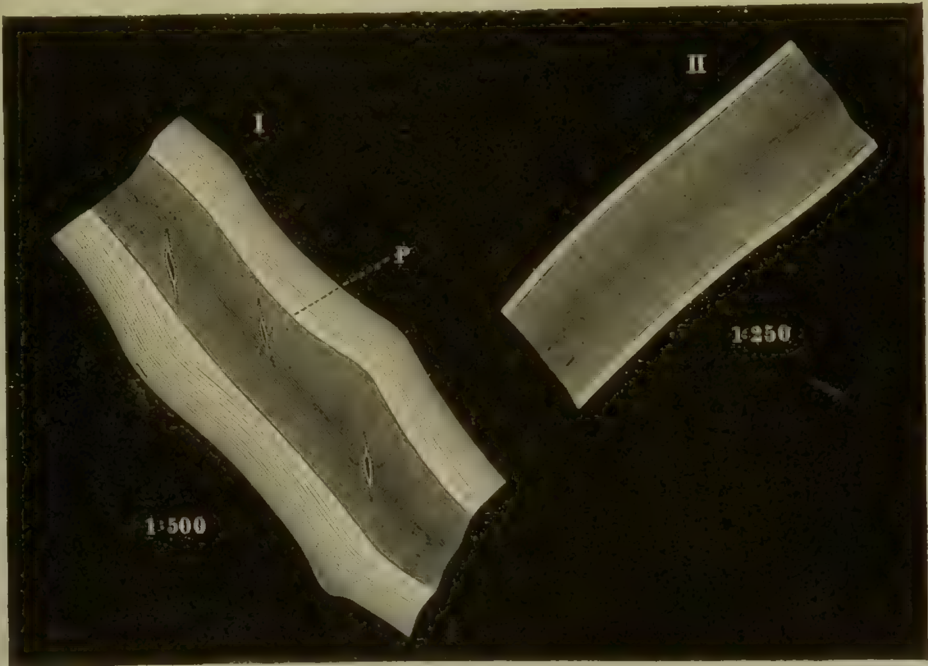
nur die weniger dichten Partien der einzelnen secundären Schichten treten zurück. Die Bastzellen von verschiedenen Palmen (Caryota, Metroxylon, Corypha) und von Urania guyanensis lassen die stärkste und gleichstarke Wirkung in der primären und tertiären Zellstoffhülle, sodann in den S. 68 u. f. beschriebenen dichteren Grenzschichten der secundären Schichtencomplexe beobachten, während diese sonst an hinreichend feinen Schnitten in den übrigen Partieen der secundären Wandung fast auf Null herabgedrückt erscheint.

Die Längsansicht sämmtlicher Bastzellen zeigt ohne Gypsplättchen ein übereinstimmendes optisches Verhalten.

Unter + oder — 45° orientirt steigen die Interferenzfarben in den Rändern rasch von den tieferen in nicht verholzten oder wenig verdickten Zellen (Fig. 182) bis zu den mittleren bei verholzten und stärker verdickten höheren der ersten Ordnung und bei bedeutenderer Dicke der secundären Zellstoffschichten anfangs in rascherer, dann in weniger rascher Folge bis nahe an die Mitte zu Farben zweiter und sogar dritter Ordnung. Von den hier erreichten höchsten Farben aus tritt dann ein Sinken ein, das bei dünnwandigen Zellindividuen schnell bis zu einer der niederen oder mittleren, sich fast über die ganze Fläche verbreitenden Farben erster Ordnung, Bläulichweiss, Weiss, Gelbweiss, Gelb bis Orange geht, bei dickwandigen Fasern dagegen, die nur ein verhältnissmässig kleines Lumen übriglassen, erst gegen die Mitte beginnend langsamer verläuft

und nur auf der Mittellinie und deren nächster Umgebung die niedrigste, aber meist nach der zweiten Ordnung angehörende Farbe der Fläche hervorruft.

Fig. 182.



I. Theilstück einer isolirten Bastzelle mit steil ansteigenden Porenspalten von Begonia spec. unter — 45⁰. — II. Theilstück einer schwach verdickten Bastzelle von Caryota ureus unter + 45⁰. Vergr. I. 1 : 500; II. 1 : 250.

Unter 0⁰ und 90⁰ erscheinen die Bastfasern, obwohl die Farben an Intensität mehr oder minder verlieren, nicht neutral, was für einen schiefen Verlauf der in dem Tangentenschnitte liegenden beiden optischen Elasticitätsachsen spricht, von denen die eine die grösste sein muss.

Auf dem Gypsplättchen Roth erster Ordnung befinden sich die Quadranten des Querschnittes unter + 45⁰ in Subtraction, unter — 45⁰ in Addition, während unter 0⁰ und 90⁰ das neutrale senkrechte Kreuz auftritt. In Bezug auf die oben berührten Unterschiede macht sich hier, bei gleichem Charakter der Interferenzfarben in allen Wandtheilen, dieselbe Verschiedenheit in der Intensität geltend wie dort.

Isolirte Zellen befinden sich mit ihrer Längsachse unter + 45⁰ orientirt in Addition, unter — 45⁰ in Subtraction, wobei in letzterer Lage an allen den Stellen, welche ohne Gypsplättchen in diagonaler Lage das Roth erster Ordnung hervorbrachten, schwarze Streifen erscheinen. In den Stellungen 0⁰ und 90⁰ findet je nach den verschiedenen Pflanzengruppen entnommenen Objecten eine zweifache Verschiedenheit statt, welche mit der feineren Structur der secundären Zellstoffhülle in Verbindung steht.

Die Bastfasern der Asclepiadeen und Apocyneen, ebenso von Urtica und Cereus speciosus lassen unter 0⁰ die Alternativ-, unter 90⁰ die Consecutivstellung erkennen, während bei denen von Caryota, Metroxylon, Urania, Solanum, Brugmannsia, Larix u. s. w. das Umgekehrte der Fall ist, d. h. die Stellung unter 0⁰ als Consecutiv-, unter 90⁰ als Alternativstellung erkannt wird. In der ersteren müsste sonach, während bei beiden die radial gestellte Elasticitätsachse die kleinste ist, die grösste einer linkswendigen, in der letzteren einer rechtswendigen zur Zellenachse um weniger als 45⁰ geneigten Spirale folgen, was mit der zu beobachtenden feineren Structur, d. h. der in Spiralbändern erfolgenden Ablagerung der secundären Verdickungsschichten übereinstimmt, indem dort die einzigen oder die äusseren Spiralbänder einen linksansteigenden, hier einen rechtsansteigenden Verlauf nehmen.

Ueberblicken wir die für die Holz- und Bastfasern gewonnenen Beobachtungsresultate, so ergibt sich eine vollständige Uebereinstimmung in den lichtbrechenden Verhältnissen, die sich dahin zusammenfassen lassen:

1. Die kleinste Elasticitätsachse der optisch zweiachsigen doppeltbrechenden Elemente geht radial und senkrecht zur Schichtung dahin.

2. Die grösste und mittlere liegen in einem Tangentenschnitte und sind gegen die Zellenachse geneigt.

3. Die grösste Elasticitätsachse folgt für die secundären Verdickungsschichten stets dem Verlaufe der Spirale, in welcher diese abgelagert erscheinen (sei dies Verhältniss nun wirklich zu beobachten oder aus dem Verlaufe der Porenspalten zu erschliessen), die mittlere steht senkrecht auf dieser Spirale.

4. Die grösste Elasticitätsachse kann in einzelnen Fällen (Holzzellen von Abies pectinnata) in den secundären Wandungen parallel der Zellenachse, die mittlere senkrecht zu ihr verlaufen, so dass die Achsenebene in den Radialschnitt fällt. Erstere geht völlig oder nahezu senkrecht, letztere ganz oder nahezu parallel mit der Zellenachse dahin in der primären Zellstoffhülle, so dass die Achsenebene in den Querschnitt fällt.

5. Für die secundäre Verdickung der dickwandigen Holzzellen, wie für gewisse Partien derselben Zellstoffschichten mancher Bastzellen ergibt sich der zweiachsig-positive Charakter.

3. Röhrenzellen.

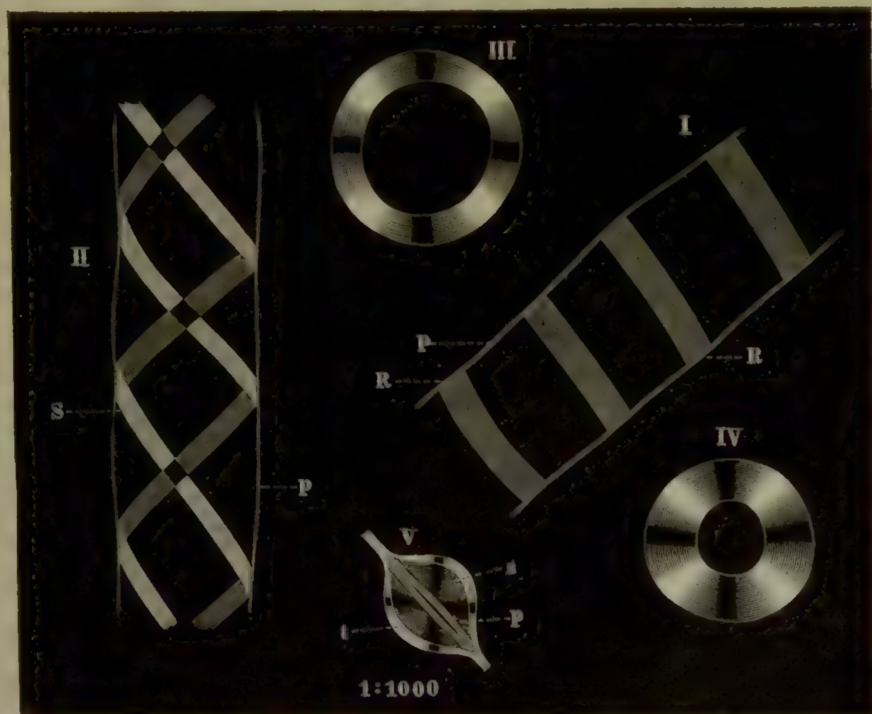
Holzgefässe.

Der Querschnitt der genannten Zellenart wie der sonstigen Spiralzellen, die wir hier anschliessen wollen, zeigt sowohl für sich zwischen den gekreuzten Nicols als bei Einschaltung des Gypsplättchens betrachtet das gleiche Verhalten wie der aller übrigen Zellstoffhüllen.

Die Längsansicht dagegen verlangt für die Ring-, Spiral- und Netzgefässe einer-, für die porösen Gefässe andererseits eine gesonderte Betrachtung.

Isolirte Ring-, Spiral- oder Netzgefässe lassen in dem optischen Längsschnitte der Wandung, auf dem dunklen Grunde betrachtet, Bläulichweiss bis Weiss erster Ordnung beobachten, während die Fläche im Ganzen nur in den tiefsten Farben dieser Ordnung leuchtet. Die Verdickungsfasern erscheinen unter + 45° orientirt in glänzendem Weiss bis Gelblichweiss (Fig. 183 I. u. II.), unter 0° oder 90° neutral. Wo der Querschnitt der

Fig. 183.



I. Theilstück eines Ringgefässes von Phragmites communis unter + 45°. *p* primäre Zellstoffhülle, *RR* ringförmige Verdickung. — II. Theilstück eines durch Druck flach ausgebreiteten Spiralgefässes von Dahlia variabilis mit zwei steil ansteigenden Spiralbändern *s*, *p* wie oben. — III. Isolirter Ring von Phragmites. — IV. Isolirte Spiralwindung aus dem Querschnitt des Holzes von Mamillaria sp. — V. Querschnitt eines Verdickungsbandes von Pellia epiphylla, *p* wie oben, *s* innere, *t* jüngste äussere Zellstoffschicht. Vergr. I. bis IV. 1 : 500; V. 1 : 1000.

Fasern hinreichende Stärke besitzt, wie bei den betreffenden Zellen des Laubes von Pellia, der Equiseten, der Opuntien, der Phragmites und Calamusarten u. s. w., da erscheint der Querschnitt in der äusseren resp. tertiären Schicht mit dem neutralen Kreuz und den unter ± 45⁰ liegenden leuchtenden Quadranten, während die Mitte sich nahezu oder ganz neutral verhält (Fig. 183 V.). In gleicher Weise wie Zellenquerschnitte verhalten sich isolirte flach aufliegende Ringe, wie man sie leicht durch Maceration der Querschnitte der Opuntien und Mamillarien, der Längsschnitte von Phragmites und Calamus erhält (Fig. 183 III. u. IV.).

Prüfen wir die isolirten Zellen über dem eingeschalteten Gypsplättchen liegend, so zeigt für die primäre Membran (Cucurbita ist hier ein sehr brauchbares Object) unter + 45⁰ der optische Längsschnitt Additionsfarben, die Fläche der Gefässzellen Subtractionsfarben mit nahe den Rändern befindlichen neutralen Streifen. Ueber die Farbengebung in der Lage 0⁰ oder 90⁰ lässt sich nicht mit Sicherheit entscheiden. Zwar erscheinen die Zellen hier neutral, aber es kann dies ebenso gut von der schwachen Wirkung der dünnen Zellwand, als von dem graden Verlauf der optischen Achsen herrühren.

Im Zusammenhalte mit dem Querschnitte liefert dieses Verhalten indessen den Beweis, dass für die primäre Zellstoffhülle die kleinste Elasticitätsachse radial die grösste tangential, die mittlere longitudinal oder axial dahingeht, wobei es unbestimmt bleibt, ob nicht die beiden letzteren so gegen die Zellenachse geneigt sind, dass die grössere einen stumpfen Winkel mit ihr bildet.

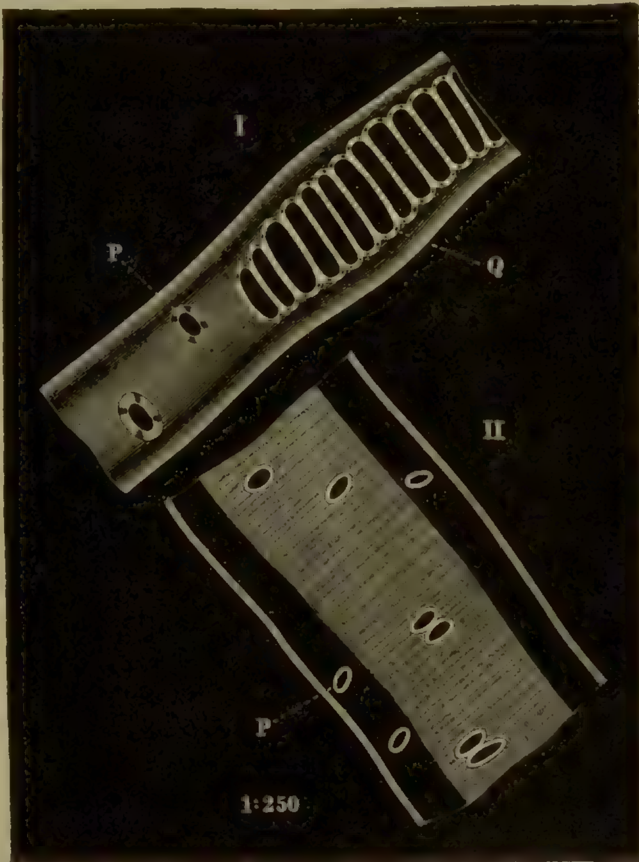
Die Verdickungsbänder erscheinen mit der Längsachse unter + 45⁰ mit Additions-, unter — 45⁰ mit Subtractionsfarben, welche auf der Mitte einerseits höher steigen, andererseits tiefer sinken, und verhalten sich in den beiden Stellungen 0⁰ und 90⁰ neutral. Der Querschnitt, in seinem Inneren scheinbar neutral, giebt in der äusseren Schicht, d. h. in der tertiären und primären Membran, unter + 45⁰ zwei Subtractions-, unter — 45⁰ zwei Additionsquadranten. Isolirte Ringe verhalten sich ebenso.

Wie die in den verschiedenen Ansichten zur Geltung kommenden Durchschnitte des Elasticitätsellipsoides darthun, folgt die grösste Achse der Richtung der Spirale, während die mittlere auf dieser senkrecht steht und die kleinste, wenn man die Verdickungsbänder als Cylinder oder Halbcylinder betrachtet, mit dem Radius dieses letzteren zusammenfällt, wobei in der secundären Verdickung — dem Kern der Ringe, Spiral- und Netzfasern — der Unterschied zwischen den beiden letzteren als ein nur geringer erkannt wird.

Auf die ganze Zelle bezogen, und die Ringe, Spiralfasern etc. als flache Bänder betrachtet, liessen sich diese Verhältnisse dahin ausdrücken, dass die kleinste Elasticitätsachse radial dahingehe und die beiden anderen in einer Tangentialebene lägen. Die letzteren würden dabei derart zur Zellenachse geneigt sein, dass die grösste mit ihr einen dem Steigungswinkel der Verdickungsbänder gleichen Winkel bildete.

In den Längsansichten der eigentlich porösen sowohl als der sogenannten treppenförmigen Röhrenzellen zeigen — abgesehen von der Wirkung der Fasern bei leiterförmig durchbrochenen Querwänden (Fig. 184 *Q*)

Fig. 184.



I. Theilstück eines porösen Gefässes von Metteniusa (Karten) mit horizontalen, ovalen Porencanälen und leiterförmig durchbrochener Querscheidewand *Q*, unter + 45⁰. II. Theilstück eines Gefässes von Cyathea incana, von einer Stelle, wo es an Parenchymzellen grenzte mit querovalen Porencanälen und bemerkbarer Querstreifung der Zellstoffhülle (secundäre Schichten). Die horizontale Mitte am stärksten, die rechte geneigte Seitenfläche nur wenig, die linke gar nicht leuchtend. Vergr. 1 : 250.

und der Porenhöfe, welche dieselbe bleibt wie bei den Spiralbändern und Porenhöfen der Holzzellen, und wenn man sich passende Zellenindividuen auswählt, die nicht zu dicht mit Poren bestellt sind — auf dem dunklen Grunde Rand und Mitte Weiss erster Ordnung mit den zwei neutralen Streifen, auf dem Gypsgrunde die Ränder oder der optische Längsschnitt unter + 45⁰ blaue, die Fläche an den von Poren freien Stellen gelbe Farbentöne und gleichfalls zwei neutrale Streifen. Unter 0⁰ und 90⁰ wird die Fläche aller der Zellen völlig neutral, bei denen der spaltenförmige Porencanal senkrecht zur Längsachse steht, während bei jenen, welche zu

dieser letzteren geneigte Porencanäle besitzen, je nachdem diese einer links- oder rechtsansteigenden Spirale folgen, die erste Stellung sich als die alternative, die andere als die consecutive erweist und umgekehrt.

Das Verhalten von Querschnitt und Längsansicht ergibt sonach für die kleinste Achse eine radiale, für die grösste und mittlere eine in dem Tangentenschnitte verlaufende Stellung. Hierbei kann aber die grösste Elasticitätsachse entweder quer-tangential, d. h. senkrecht zur Zellenachse stehen, oder eine einer gegen diese unter stumpfem Winkel ansteigenden, links- oder rechtswendigen Spirale folgende Neigung besitzen.

Bastgefässe.

Die Bastgefässe verhalten sich auf dem Querschnitte gleich den Holzgefässen, d. h. sie lassen für sich das unter 0° und 90° dahingehende schwarze Kreuz, bei Zwischenschaltung des verzögernden Plättchens unter + 45° zwei Subtractions-, unter — 45° zwei Additionsquadranten beobachten.

In den Längsansichten wirken nur die Ränder, d. h. der optische Längsschnitt, mit einiger Intensität, indem sie in dunklem Gesichtsfelde unter ± 45° glänzendes Weiss erster Ordnung zeigen. Die Fläche wirkt dagegen schwach ein und leuchtet nur in den tiefsten Tönen der ersten Ordnung. Auf dem Gypsgrunde beobachtet, erhöhen die Ränder dessen Farbe unter + 45° auf Dunkel- bis Hellblau, die Mitte dagegen erscheint in Subtraction, d. h. Orange bis Dunkelgelb, und diese letztere Farbengebung ist bei den meisten hierher gehörigen Objecten nur von geringer Intensität. Bei den Orientirungen unter 0° und 90° lässt sich eine Farbenänderung des Gypses nicht mit Sicherheit constatiren, es erscheinen die Zellen vielmehr neutral.

Diesem Verhalten gemäss muss die kleinste Elasticitätsachse eine radiale Richtung haben, während die grösste tangential, die mittlere axial gestellt ist, wobei es indessen unentschieden bleibt, ob nicht in manchen Fällen eine geringe Abweichung von diesen letzten Richtungen in der Art stattfindet, dass die grösste Achse einen sehr stumpfen, die mittlere einen entsprechend kleinen spitzen Winkel mit der Zellenachse macht.

Das Gesammtresultat, welches sich für die Röhrenzellen aus den Ergebnissen der Beobachtung ziehen lässt, stimmt mit jenem überein, welches wir bei den Faserzellen gewonnen haben, und verweise ich daher einfach auf den dort zum Schlusse gegebenen Ueberblick.

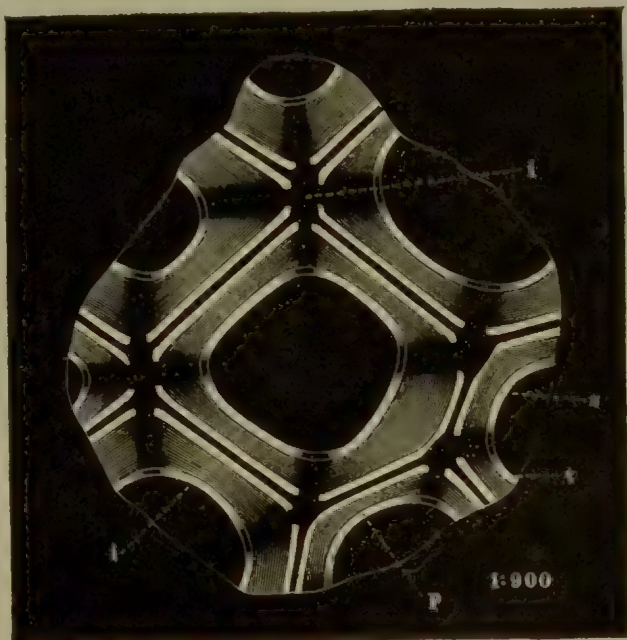
4. Cambiumzellen und Intercellularsubstanz.

Da, wie aus den Erörterungen auf Seite 99 u. f. hervorgeht, die Intercellularsubstanz nichts anderes ist, als die chemisch modificirte cambiale Zellhülle, so können beide hier füglich zusammen behandelt werden.

Die wahren cambialen Zellhüllen lassen weder im Querschnitt, noch in den verschiedenen Theilen der Längsansicht eine Wirkung auf polorisirtes Licht beobachten und müssen deshalb als einfach brechend betrachtet werden. Diese Eigenschaft besitzen dieselben sowohl in der Vegetationszeit, als in der Ruheperiode, und es geht dieselbe scheinbar nur da verloren, wo sich vor dem Uebergange zum vollen Vegetationsstillstande noch eine aus Zellstoff bestehende Hülle — primäre Hülle — abgelagert hat.

Ein gleiches Verhalten zeigt die Intercellularsubstanz überall da, wo dieselbe in solcher Stärke entwickelt ist, dass jenes mit hinreichender Sicherheit beobachtet werden kann (Fig. 185). Dieselbe ist also einfach

Fig. 185.



Theil eines Querschnittes von Pinus silvestris. *p*, *s* und *t* primäre, secundäre und tertiäre Hüllschichten, *i i* Intercellularsubstanz. Vergr. 1 : 900.

brechend und unterscheidet sich somit wesentlich von allen übrigen Schichten der Zellhülle. Besonders günstige Objecte für derartige Beobachtungen bieten nächst den Seite 99 u. f. erwähnten Präparaten äusserst zarte Quer- und Längsschnitte von Nadelhölzern, bei deren Anfertigung man namentlich darauf zu sehen hat, dass der Schnitt vollständig gerade geführt wird, weil sonst die geneigten Zellhüllen den Sachverhalt vollständig verdunkeln. Dass das Verhalten der Intercellularsubstanz gegen das polarisirte Licht auf der Fläche nicht für sich beobachtet werden kann, leuchtet ein.

III. Optisches Verhalten der Inhaltskörper.

1. Protoplasmakörper.

Sämmtliche nur aus Protoplasma aufgebaute nicht krystallisirte Inhaltskörper (ohne Stärkeeinschluss) modificiren das polarisirte Licht in keiner Weise und geben sich somit als einfach brechende zu erkennen. Dagegen lassen die sogenannten Proteïnkrystalle oder Krystalloide, soweit sie nicht dem regulären Krystallsysteme angehören, eine wenn auch verhältnissmässig schwache Wirkung erkennen, die namentlich bei Einschaltung eines Gypsplättchens von Roth erster oder Violett dritter Ordnung hervortritt, ohne dass sich indessen über die Stellung der Elasticitätsachsen etwas Näheres ermitteln liesse.

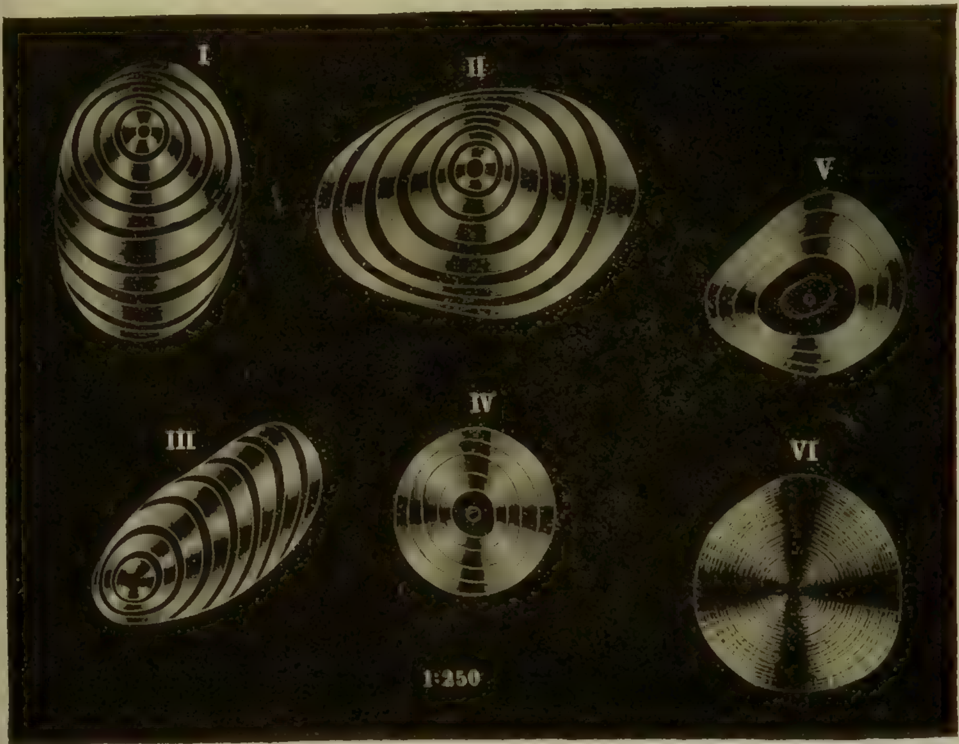
2. Stärke und Inulin.

Die Stärkekörner sowie die Inulinkugeln, welche man sich in der auf S. 27 beschriebenen Weise darstellen kann, zeigen auf dem dunkeln Grunde bei gekreuzten Nicols beide bei neutraler Mitte ein neutrales Kreuz, dessen Arme bei den letzteren meist unter 0° und 90° dahingehen (Fig. 186 VI.), bei den ersteren aber je nach der Form des Kornes, der centrischen oder excentrischen Lage des Kernes und dem dadurch bedingten Schichtenverlaufe in verschiedenen, indessen immer auf den an die betreffenden Schichten zu legenden Tangenten senkrecht stehenden Richtungen verlaufen können (Fig. 186 I. bis V.). Bei eingeschalteten Gypsplättchen erscheinen in dem optischen Durchschnitte die Mitte und die Kreuzesarme in der Farbe des Gesichtsfeldes, während sich bei Inulin, wie bei Stärke die beiden unter + 45° liegenden Quadranten in Addition, die unter — 45° liegenden in Subtraction befinden. Die Additionsfarben steigen dabei von dem Rande an schnell von Violett auf Indigo, Blau, Blaugrün zweiter Ordnung, um dann gegen die Mitte hin langsamer durch Blau, Indigo, Violett bis zu der Farbe des Gypsgrundes zu sinken, die Subtractionsfarben sinken und steigen in gleicher Weise von Dunkelorange auf Orange, Gelblichweiss, Gelborange, Dunkelorange, Roth. Die Aenderung der Additions- und Subtractionsfarben tritt besonders deutlich an dicken, kugeligen oder ellipsoidischen, die neutrale Mitte an etwas flachen, scheibenähnlichen Körnern der Stärke, wie des Inulins hervor.

Aus dem geschilderten Verhalten folgt, dass bei beiden Inhaltskörpern die grösste Elasticitätsachse in dem Radius dahingeht und dass die mittlere und kleinste in einer zu diesem senkrechten Schnittebene liegen. In Betracht des Verhaltens der Mitte würde entweder anzunehmen sein, dass die beiden letzteren nur wenig voneinander verschieden, oder dass

dieselben gleich, die Objecte also einachsig und für diesen Fall optisch positiv wären.

Fig. 186.



I. bis III. Stärkekörner aus der Frucht der Kartoffel in verschiedenen Stellungen. IV. Flach linsenförmiges Korn aus dem Samen des Weizens; V. aus dem Samen der Erbse. VI. Inulinscheibe aus Helianthus tuberosus, durch mehrmonatliches Liegen von Wurzelstücken in Alkohol hervorgebracht. Vergr. 1 : 500.

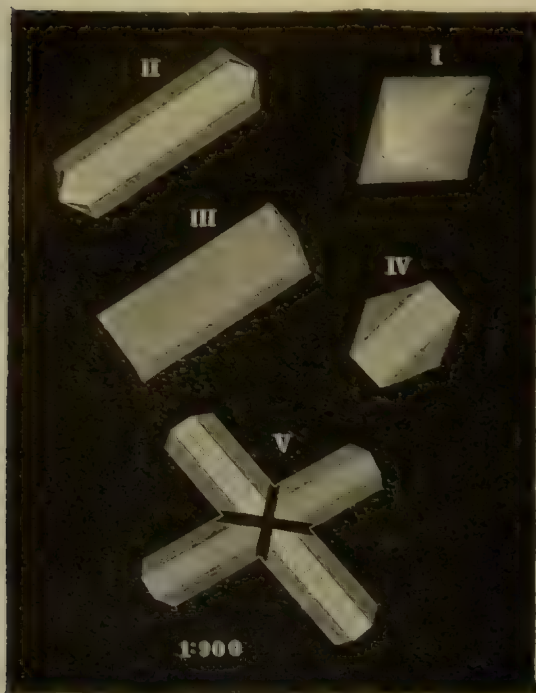
3. Krystalle des oxalsauren Kalkes.

Die Krystallformen, welche dem quadratischen Systeme angehören, sind optisch einachsig. Octaëder, die so stehen, dass ihre Hauptachse parallel mit der Achse des Polarisationsapparates steht, wovon sich in Canadabalsampräparaten immer einzelne finden, erscheinen sowohl zwischen den gekreuzten Nicols allein, als nach Einschaltung eines Gypsplättchens neutral. Liegende Octaëder glänzen auf dem dunklen Grunde unter $\pm$ 45° silberweiss (Fig. 187 I. a. f. S.). Auf dem Gypsgrunde erscheinen dieselben mit der Hauptachse unter + 45° orientirt in Dunkelblau bis Grünblau, unter — 45° Orange bis Gelbweiss. In gleicher Weise verhalten sich die Combinationen der quadratischen Säule mit dem Octaëder (Fig. 187 II. bis V.)

Es fällt sonach in allen diesen Formen die grösste Elasticitätsachse mit der optischen Achse zusammen und es ist der in denselben krystallisirte oxalsaure Kalk einachsig-positiv.

Von den Krystallformen des klinorhombischen Systems eignen sich namentlich diejenigen, welche in der Guajakrinde, den Musaceen, Scitamineen und Cannaarten, den Irideen und manchen Orchideen vorkommen. Besonders günstig sind die nicht zu kleinen und doch hinreichend dünnen Krystalle aus dem Blattstiele von Maranta zebrina.

Fig. 187.



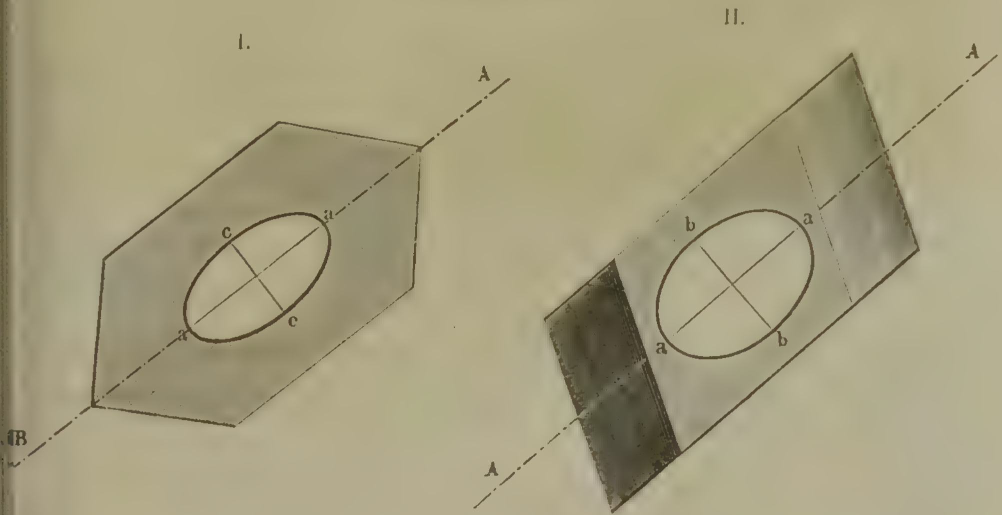
Krystalle des quadratischen Systemes von oxalsaurem Kalke. II., III. und V. aus der Schale der Zwiebel, I. und IV. aus dem Blattparenchym von Tradescantia discolor. Vergr. 1 : 900.

Orientirt man eine dieser durch Abstumpfung der stumpfen (orthodiagonalen) Kanten entstandenen, auf dem dunklen Grunde mit Glänzendweiss erster Ordnung bis Grün zweiter Ordnung leuchtenden Combinationen von Maranta auf der Endfläche liegend mit der Klinodiagonale unter + 45⁰ über dem verzögernden Plättchen, so erhöht dieselbe den Gypsgrund auf Blau bis Orange zweiter oder Grün dritter Ordnung, während sie unter — 45⁰ Subtractionsfarben hervorruft, die je nach der ursprünglichen Färbung des Objectes sich in höheren oder tieferen Tönen der ersten Ordnung bewegen. In ähnlicher Weise verhalten sich die gleichen Combinationen unter gleicher Orientirung, wenn sie auf einer der Abstumpfungsflächen liegen, nur dass dann die optische Wirkung in Bezug auf den entsprechenden Durchmesser eine verhältnissmässig geringere ist, d. h. dass dieser zur Hervorbringung der gleichen Farbe auf dem dunklen Grunde ein grösserer sein muss. Eine ähnliche Combination aus der Guajakrinde gab auf der Endfläche liegend zwischen den einfach gekreuzten Nicols Rosa dritter Ordnung, auf dem Gypsplättchen unter + 45⁰ Hellrosa vierter Ordnung, unter — 45⁰ Orange zweiter Ordnung, eine zweite auf der Abstumpfungsfläche liegend für sich Grün dritter Ordnung, auf dem Gypsplättchen unter + 45⁰ Grün vierter Ordnung, unter — 45⁰ Grün zweiter Ordnung. In gleicher Weise verhalten sich die hierher gehörigen Krystallformen der anderen Pflanzen, unter anderen auch die Nadeln von Scilla, Aloe u. s. w. Unter 0⁰ und 90⁰ erscheinen sich sämmtliche hierher gehörigen Krystalle neutral, wenn entweder die Abstum-

pfungsflächen der orthodiagonalen Kanten, oder die Endflächen mit der Polarisationsebene eines der beiden Nicol'schen Prismen parallel gerichtet sind.

Suchen wir aus diesem Verhalten den Verlauf der Elasticitätsachsen festzustellen, so ergibt sich, dass in der Endflächenlage die grösste der hier zur Geltung kommenden Achsen mit der Klinodiagonale, die kleinere mit der Orthodiagonale parallel gerichtet ist und dass in der anderen Lage die erstere parallel der Endfläche, die andere in einer hierauf senkrechten Ebene dahingeht. Hieraus aber folgt, dass die grösste Elasticitätsachse mit der Klinodiagonale parallel ist, die beiden anderen in einer zu dieser senkrechten Ebene liegen. Um deren Stellung in dieser letzteren zu bestimmen, dient die Drehung des Objectes um die orthodiagonale oder die auf dieser senkrechten Achse. Dreht man letztere, so wird der Krystall bei starker Neigung neutral, was darthut, dass die Achsenebene der Endfläche parallel geht, die kleinste Elasticitätsachse der Orthodiagonale gleichgerichtet (Fig. 188 I.), die mittlere auf dieser senkrecht ist (Fig. 188 II.), worauf übrigens auch schon der oben erwähnte

Fig. 188.



Die in der Endfläche I. und der der Klinodiagonale parallelen Abstumpfungsfläche II. zur Geltung kommenden Ellipsoiddurchschnitte für den oxalsauren Kalk.

Unterschied in der optischen Wirkung bei verschiedener Lage hindeutet. Hiermit die Farbenänderung des Gypsgrundes zusammengehalten, erweist sich der in klinorhombischer Form krystallisirte oxalsaure Kalk als zweiachsig-positiv.

Zwischen den beiden Formenreihen des oxalsauren Kalkes besteht insofern ein bemerkenswerther Unterschied, als die Krystalle des klinorhombischen Systems bei gleicher Dicke eine weit stärkere Wirkung äussern, als jene des quadratischen. So z. B. erscheint eine der quadra-

tischen Säulen der Tradescantia discolor von 0,015^{mm} auf dem dunklen Grunde nur in Gelblichweiss der ersten Ordnung, während eine der klinorhombischen Combinationen von Maranta zebrina sich schon bei 0,003^{mm} Dicke auf der Endfläche liegend orange, auf der Abstumpfungsfläche liegend gelbweiss färbt, eine solche von 0,006^{mm} auf der letzteren Fläche in Indigblau, auf der ersteren in Gelbgrün zweiter Ordnung erglänzt.

Dieses Verhalten kann für die Bestimmung derjenigen Krystalle von Wichtigkeit werden, deren Formen, wie dies bei den Nadeln und bei den Krystalldrusen der Fall, nicht mit Sicherheit zu erkennen ist. Hier deutet die verhältnissmässig starke Wirkung sofort darauf hin, dass dieselben nur dem klinorhomhischen Systeme angehören können. So z. B. leuchten die in der Tradescantia vorkommenden Nadeln schon bei sehr geringer Dicke glänzend weiss, gelblichweiss bis gelb, während die quadratischen Krystalle bei weit grösserer Dicke dieselben Farben geben. Man hat dieselben sonach keineswegs als abgeleitete Formen der letzteren zu betrachten, sondern zu den klinorhombischen Combinationen zu stellen. In gleicher Weise erkennt man die Drusen der Begonien als aus quadratischen, jene der Asclepiadeen u. s. w. als aus klinorhombischen Combinationen zusammengesetzt.

Karl v. Erlach: Mikroskopische Beobachtungen über organische Elementartheile bei polarisirtem Licht. Müller's Archiv für Anatomie und Physiologie etc. 1847. Hft. 14, Seite 313.

Ehrenberg: Monatsberichte der Berliner Akademien 1849. Seite 55.

Schacht: Das polarisirte Licht und seine Wirkung auf die Pflanzenzelle, Lehrbuch der Anatomie und Physiologie 1856. Seite 428.

H. v. Mohl: Die Untersuchung des Pflanzengewebes mit Hülfe des polarisirten Lichtes. Botanische Zeitung 1858. Nro. 1 und 2. Nachträgliche Bemerkungen Nro. 52.

Max Schultze: Die kolbenförmigen Gebilde in der Haut von Petromyzon und ihr Verhalten im polarisirten Lichte. Archiv für Anatomie und Physiologie von Reichert und Du Bois-Reymond 1861. Hft. 2 und 3.

Valentin: Die Untersuchung der Pflanzen- und Thiergewebe im polarisirten Lichte. Leipzig 1861.

Nägeli: Botanische Mittheilungen. Hft. 2. Separatabdruck aus den Sitzungsberichten der Königl. Baier. Akademie der Wissenschaften 1862.

Vierter Abschnitt.

UNTERSUCHUNGEN ÜBER DEN BAU DER ORGANE.

I. Der Stengel.

1. Das Lager der Zellpflanzen.

Das Lager der niedrigst organisirten Gewächse, d. h. der Pilze, Flechten und Algen, besitzt einen höchst einfachen Bau, indem dasselbe aus nur einer einzigen gleichartigen Gewebeart, dem Parenchymgewebe, besteht, dessen verschiedene Modificationen einzig aus der Formverschiedenheit und der Anordnungsweise der zusammensetzenden Zellen hervorgehen.

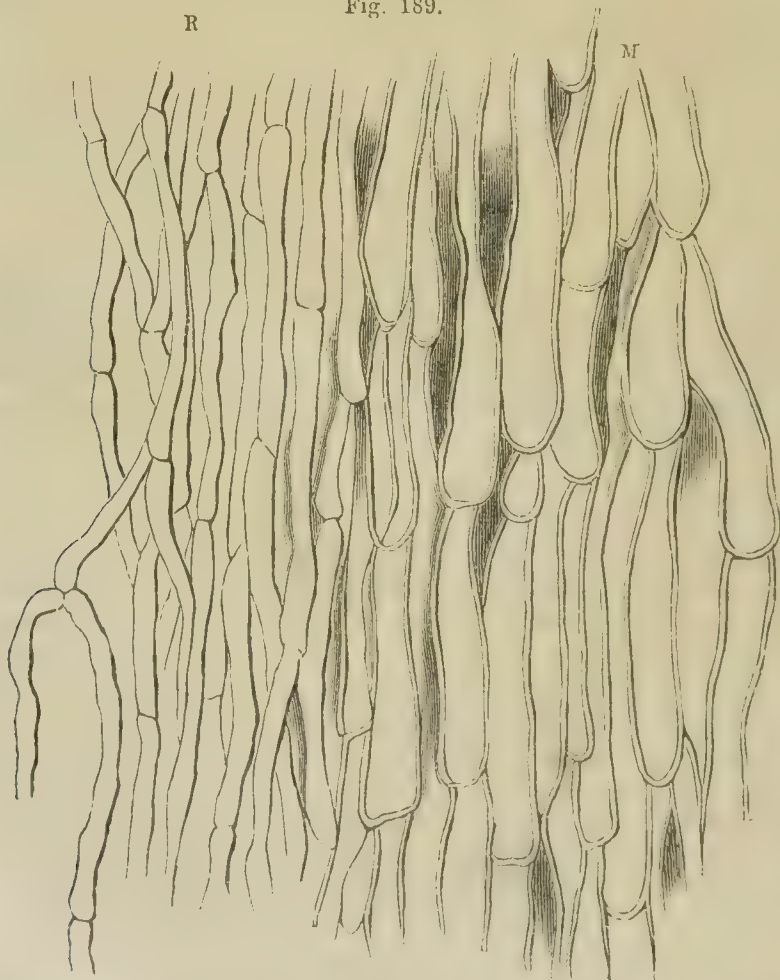
Pilze.

Bei den einfachsten Pilzen, den sogenannten Faden- oder Schimmelpilzen (denn einzellige Pilze existiren nach den neuesten Untersuchungen nicht, sondern es sind dieselben nur gewisse Entwickelungsformen anderer Pilze) besteht das Lager aus einzelnen unverästelten oder mannigfach verästelten Fäden, welche aus langgestreckten Parenchymzellen zusammengesetzt sind. Zur Untersuchung bedarf es hier, wenn die entsprechenden Arten auf der Oberfläche der befallenen Gegenstände wachsen, in der Regel keiner anderen Vorbereitung, als der vorsichtigen Trennung der einzelnen Fäden mittelst der Nadel. Wo solche Gewächse aber als wahre Parasiten in dem Inneren von anderen Organismen sich verbreiten, da wird eine vorgängige Präparation nothwendig. Soweit man es mit höheren Pflanzen als nährenden Organismen zu thun hat, wird sich diese in den meisten Fällen auf die Anfertigung von entsprechenden Quer- und Längsschnitten der befallenen Pflanzentheile beschränken können und wird nur in selteneren Fällen eine Präparation mittelst der

Nadel hinzutreten müssen, die vielleicht hier und da durch das Mazerationsverfahren unterstützt werden kann. Ein Eingehen auf alle möglichen Besonderheiten würde hier zu weit führen und erscheint um so weniger gefordert, als jeder Einzelne durch die vorhergehenden Untersuchungen über die Zelle und die Gewebe hinreichend befähigt sein wird, sich seinen dem speciellen Fall angemessenen Untersuchungsgang zu wählen.

Das Gewebe des eigentlichen Lagers aller höher organisirten Pilze unterscheidet sich im Wesentlichen nicht von demjenigen der eben genannten Gruppe. Es entsteht durch eine losere oder innigere Verbindung einzelner einfacher oder verästelter Fäden zu dem sogenannten Filzgewebe. Man hat dasselbe je nach dem Standorte der Pilze entweder unter der Erde oder in den oberen Gewebetheilen der Mutterpflanzen u. s. w. zu suchen und genügt zur Untersuchung die weiter oben geschilderte Verfahrungsweise in der Regel vollkommen.

Fig. 189.



Längsschnitt aus dem Strunk von Agaricus. *R* Rinde, *M* Mark. Vergr. 1 : 300.

Einen etwas zusammengesetzteren Bau als das eigentliche Lager zeigen jene Theile der höheren Pilze, welche zu Trägern der Fortpflanzungsorgane bestimmt sind und die sich in mancherlei äusseren Formen entwickeln, mit denen wir uns bei der gesteckten Aufgabe jedoch hier nicht weiter zu beschäftigen haben.

Häufig wird hier das ganze Organ nur aus einem nahezu gleichförmigen, aus verzweigten Fäden gebildeten Filzgewebe zusammengesetzt (Fig. 189), welche entweder lose durcheinander geschlungen und durch lufthaltige Zwischenräume voneinander getrennt sind, oder mittelst einer mehr oder minder gallertartigen Zwischensubstanz, die sich entweder schon in kochendem Wasser löst oder zu ihrer Beseitigung der Erwärmung mit Aetzkali oder dem Schultze'schen Mazerationsgemische verlangt, fester untereinander verbunden werden. Oefter aber ist das Gewebe nicht aus gleichgeformten Zellen gebildet und es treten neben den langgestreckten, fadenförmigen Zellen kugelig oder bauchig angeschwollene Zellen hinzu, welche entweder wie jene nur nach ihrer Längsachse mit einander verbunden sind und ebenfalls längere Fäden bilden oder auch vereinzelt zwischen den gewöhnlichen Fäden vorkommen. Hier und da, namentlich bei manchen Agaricus- (deliciosus, piperitus etc.) und Amanita-Arten, trifft man etwas weitere hier und da erweiterte röhrenförmige, zu mehr oder minder langen, oft blind mit keulenförmigen Spitzen endigenden Fäden verbundene Zellen an, die einen dem Milchsaft der höheren Gewächse ähnlichen, opaken Inhalt führen (Fig. 190 a. f. S.). Man hat dieselben häufig als eigenthümliche Organe (Milchsaftgefässe) bezeichnet und ihnen eine von den normalen Pilzfäden abweichende den Milchsaftgefässen der Cichoriaceen ähnliche Structur beigelegt. Diese Ansicht beruht aber auf Täuschung, denn bei einer eingehenden Untersuchung wird man sich auf das Klarste überzeugen, dass eine solche abweichende Structur niemals vorhanden ist und dass die Milchsaft führenden Fäden wie das übrige Gewebe aus einzelnen, langgestreckten Zellen zusammengesetzt sind.

Wo die eben besprochenen Zellenformen in dem Gewebe der Träger der eigentlichen Fortpflanzungsorgane (Stiel, Strunk, Hut u. s. w.) erscheinen, da nehmen sie nicht in gleicher Weise an der Zusammensetzung aller Partieen derselben Theil und wird man daher bei einer histiologischen Charakterisirung der betreffenden Organe darauf zu achten haben, ob und in welcher Weise dies geschieht. In dem Strunke lässt sich häufig ein locker gewebter lufthaltiger Cylinder als Mark unterscheiden, während der äussere Umfang einen abweichenden Bau besitzt und füglich als Rindengewebe bezeichnet werden könnte. Dieses letztere Gewebe besteht entweder aus feineren, inniger mit einander verbundenen Hyphen (Fig. 189), oder es ist lockerer gewebt als das Mark aus unregelmässig in einander verfilzten verschieden geformten Zellen gebildet (Fig. 190 II.), oder es wird endlich von senkrecht zur Achse des Stieles gestellten, innig aneinander gelegten, nach Aussen etwas angeschwollenen

und stärker verdickten Fadenzweigen zusammengesetzt (Fig. 191). In dem Hute der Hymenomyceten tritt eine ähnliche Differenzirung der Ge-

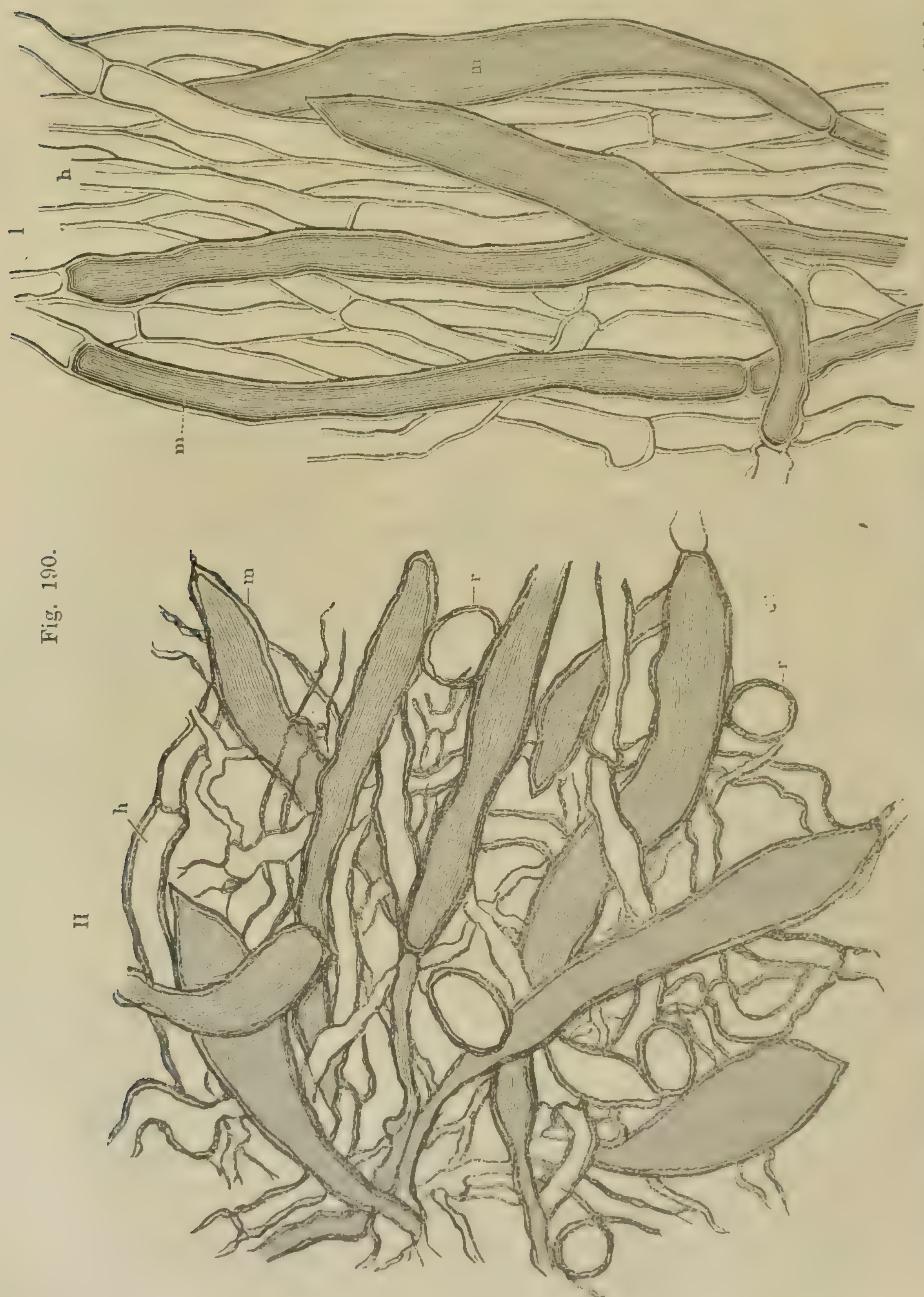


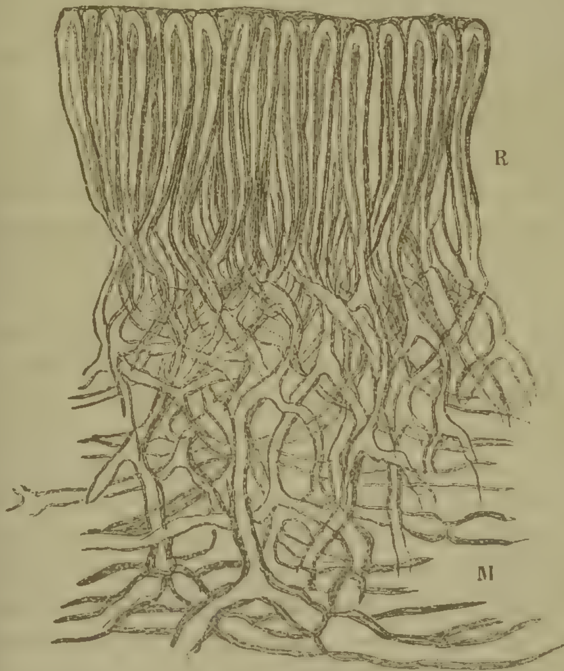
Fig. 190.

Theile aus Schnitten I. durch die Mark-, II. durch die Rindenschicht des Fruchtträgers von Amanita muscaria; *h* gewöhnliche Hymeniumfäden, *m* Milchsaft führende Zellen, *r* runde Zellen. Vergr. 1 : 360.

webe ein (Fig. 192 I. u. II.). Das Gewebe der Markschicht tritt dort in die Blätter etc. hinüber und bildet deren Körper, die Trama (*t*), von hier

strahlen die Fäden nach den Seiten jener aus und gehen in ein aus rundlichen Zellen gebildetes Gewebe, das subhymeniale Gewebe (*sh*), über, auf

Fig. 191.



Theil eines Schnittes aus dem Hute von Palyporus lucidus. *R* Rindenschicht, *M* Markschicht. Vergr. 1 : 360.

Fig. 192.

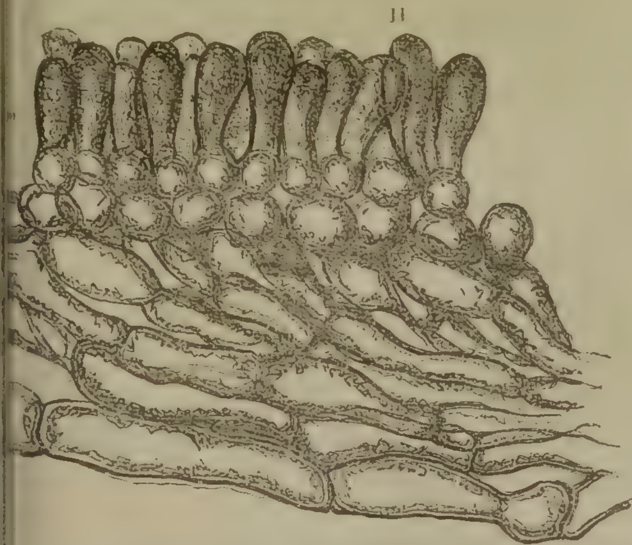
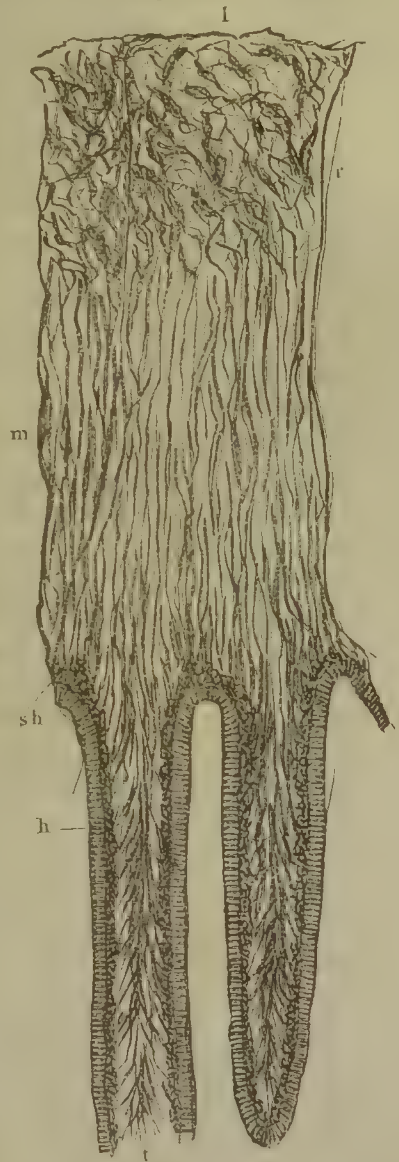


Fig. 192.



I. Schnitt durch den Hut von Amanita muscaria. *r* Rindenschicht, *m* Markschicht, *t* Trama, *sh* subhuminales Gewebe, *h* Hymenium. — II. Schnitt durch die Lamelle. *sp* Sporenträger etc., Bezeichnung sonst wie bei I. Vergr. 1 : 360.

welchem schlauchförmige Zellen sich erheben (*h*), welche theils die Sporenträger bilden, theils zu sogenannten Paraphysen werden (Fig. 192). Aehn-

liche Verhältnisse treten mit mancherlei Modificationen, die wir hier nicht weiter verfolgen können, bei den Fruchtkörpern der übrigen Familien auf, welche bei vergleichenden Untersuchungen unsere Beachtung verdienen. Zur ausgiebigen Untersuchung bedarf es hier überall unbedingt feiner Schnitte, die in, den Verhältnissen entsprechenden, verschiedenen Richtungen und zwar wo möglich an ganz frischen Exemplaren geführt werden müssen. Wo das Gewebe seiner Weichheit halber der Anfertigung feiner Schnitte bedeutende Hindernisse entgegensetzt, da hilft man sich leicht durch Einlage in eine dicke und reine Lösung von arabischem Gummi, welches leicht zwischen das Gewebe eindringt und nach dem Trocknen den nöthigen Halt gewährt.

Nächst der Form der Zellen bleiben zunächst noch die Beschaffenheit der Zellhülle (die ursprüngliche Membran ist, soweit meine Beobachtungen reichen, der aller übrigen Gewächsen gleich) sowie der Zellinhalt zu berücksichtigen. Die Zellhülle ist bald von weicherer bald von härterer Beschaffenheit, bald nur sehr dünn, bald stärker verdickt, zeigt aber niemals Spiralbänder oder andere Verdickungsformen. Ihre chemische Zusammensetzung bleibt noch zu erforschen. Bis jetzt haben die allgemein gebräuchlichen mikrochemischen Reagenzien darüber noch keinen vollständigen Aufschluss zu geben vermocht. Nur in einzelnen Fällen hat man in derselben durch ihre blaue Färbung nach der Behandlung mit Jod und Schwefelsäure Zellstoff nachzuweisen vermocht. Ob da, wo diese Nachweisung nicht gelingt, eine besondere Modification des Zellstoffes oder eine ganz eigenthümliche chemische Verbindung als Zellhülle vorhanden ist, bleibt erst noch nachzuweisen, ebenso ob der bei anderen Pflanzenzellen nachgewiesene Verholzungsprocess eintritt oder ob die Veränderung der anfänglichen chemischen Beschaffenheit, welche sich bei manchen Pilzen unzweifelhaft zu erkennen gibt, auf einen anderen Process zurückzuführen sei.

Der Zellinhalt ist hier ziemlich analog angeordnet wie bei den übrigen Pflanzenzellen. Es fehlt ihm nicht der stickstoffhaltige Bestandtheil oder das Protoplasma, wie dies die Reaction auf Jod, Zucker und Schwefelsäure nachweist. In dem Zellsafte scheint hier und da gelöster Zucker, wol auch gelöste Stärke (?) vorhanden zu sein. Geformte Stärke ist bis jetzt in dem Inhalte nicht aufgefunden, ebensowenig Chlorophyll. Die verschiedenen Farbstoffe, welche zum grossen Theile dem Zellinhalte, seltener der Zellhülle angehören, bedürfen noch einer näheren Untersuchung.

Einer der wichtigsten Inhaltsbestandtheile, der allen anderen lebenskräftigen Zellen nie abgeht, der Zellkern, ist nur in einzelnen Fällen mit Sicherheit nachgewiesen, während er in den meisten Fällen zu fehlen scheint.

Obgleich die Histiologie der Pilze im Ganzen sehr einfach ist, so wurde derselben bisher doch verhältnissmässig wenig Aufmerksamkeit geschenkt, so dass noch gar manche Fragen der Erledigung harren. Es

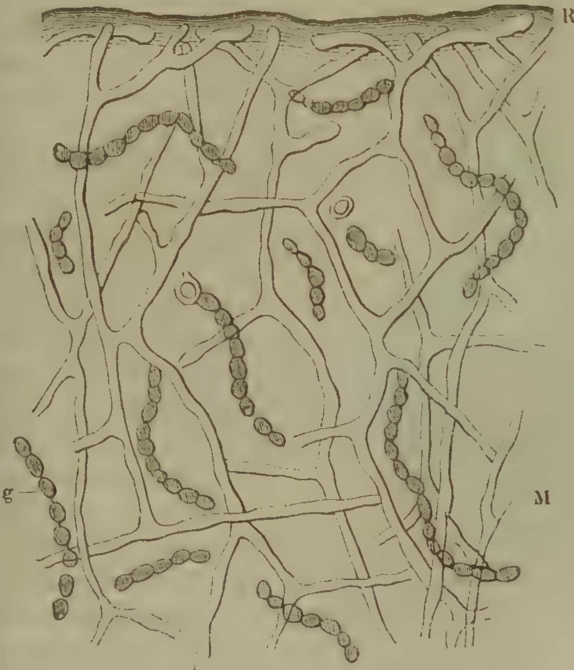
bleibt sonach für jene Forscher, die sich specieller mit dieser Pflanzengruppe befassen, noch Manches zu thun übrig und dürften namentlich ausgedehntere vergleichende histiologische Untersuchungen der einzelnen Familien von erheblichem Werth sein.

Flechten.

Das Lager der Flechten zeigt gleich dem der Pilze einen höchst einfachen Bau. Dasselbe besteht nur aus parenchymatischen Zellen. Es erscheint hier indessen neben den bei Laub- und Strauchflechten besonders hervortretenden Verschiedenheiten in der Form und der Anordnung der gestreckten fadenförmigen, mannigfach verästelten Zellen eine derartige Abweichung in Gestalt und Inhalt mancher Zellenpartieen, dass die nach Aussen gewendeten Theile des Lagers von dessen Innerem sich noch schärfer unterscheiden als bei den höher entwickelten Pilzen. Man hat diese verschiedenen Schichten, wie bei letzteren, als Mark- und Rindenschichten bezeichnet, und obwohl diese Bezeichnungsweise in beiden Pflanzengruppen keineswegs völlig begründet erscheint, wollen wir dieselbe der besseren Uebersicht halber doch beibehalten.

Die sogenannte Rindenschicht findet sich an der oberen sowohl als an der unteren Fläche des Thallus. Hier steht sie mit den Haftorganen in unmittelbarer Verbindung. Diese letzteren bestehen aus cylindrischen Fortsätzen, von senkrecht neben einander verlaufenden Zellfäden, welche dicht mit einander verfilzt und hier und da seitlich verästelt sind. Nach dem Verhalten gegen Aetzkalilösung zu schliessen, wird die festere Verbindung durch eine Zwischensubstanz vermittelt, welche von der genannten Flüssigkeit gelöst wird. Die Zellfäden der Haftorgane setzen sich unmittelbar in jene der unteren Rindenschicht fort. Die Verästelung nimmt hier zu und die Verfilzung wird bei den oben genannten

Fig. 193.

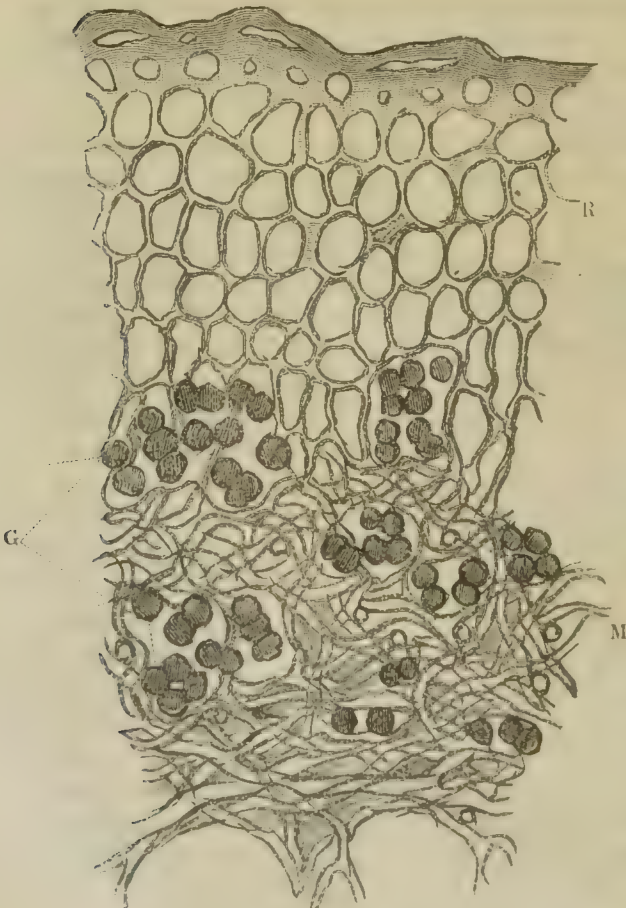


Querschnitt durch das Lager von Collema compactum. *R* Rindenschicht, *M* Markschicht, *g* Gonidien. Vergr. 1 : 500.

Flechtengruppen sehr dicht. Dadurch entsteht bei diesen ein ziemlich haltbares, scheinbar parenchymatisches Gewebe, dessen Festigkeit noch durch die zwischen die einzelnen Zellen abgelagerte Zwischensubstanz vermehrt wird (Fig. 193 a. v. S.), während bei den Gallertflechten die Rindenschicht weniger hervortritt. Die hier auftretenden Zellen besitzen verhältnissmässig dicke, feste, in Wasser sowohl als in Alkalien und Säuren aufquellende Hüllen, in denen durchaus kein Zellstoff nachzuweisen ist. Das Lumen ist oft bis zum Verschwinden klein und sind demgemäss auch die Querscheidewände schwierig aufzufinden, obwohl sie nicht fehlen.

Aus der unteren Rindenschicht austretend setzen die Zellfäden die Markschicht zusammen. Was dieselbe hauptsächlich unterscheidbar macht, ist zunächst die immer lockere Verbindung der in mannigfacher Weise verästelten, hin- und hergebogenen Zellen. Die Zwischensubstanz scheint hier ganz zu fehlen und werden die Zwischenräume des Gewebes von Luft erfüllt (Fig. 194). Dann aber nehmen die Zellen an Umfang zu. Es wird zwar die Hülle kaum stärker; dagegen erweitert sich in der Regel das Lumen nicht unbedeutend, was namentlich da hervortritt, wo die Zellfäden Anschwellungen zeigen oder sich verästeln. Die Querwände treten hier entschieden deutlich hervor. Die Zellhülle zeigt ganz dasselbe chemische Verhalten, wie bei der vorhergehenden Gewebeschicht. Der Inhalt besteht seiner chemischen Reaction nach aus einer stickstoffhaltigen feinkörnigen Substanz.

Fig. 194.



Querschnitt durch das Lager von Peltigera canina. *R* Rindenschicht, *M* Markschicht, *G* Grindien. Vergr. 1 : 500.

In dem nach der oberen Rindenschicht gewendeten Theile der Markschicht entstehen, falls die Ansichten, welche

neuerdings mehrseitig aufgestellt wurden, begründet sind, durch Theilung in etwas angeschwollenen Seitenästen oder auch im Verlaufe der Zellfäden kugelige oder länglich runde, Chlorophyll führende, bei den Laub- und Strauchflechten in grössere oder kleinere Gruppen, bei den Gallertflechten in Reihen geordnete Zellen, die sogenannten Gonidien, und bilden eine mehr oder minder ausgedehnte Schicht, welche von den aus dem Marke nach der oberen Rindenschicht tretenden Zellfäden durchwoben wird. Der letztgenannte Gewebetheil des Thallus gleicht in histiologischer Beziehung ganz der unteren Rindenschicht. Nur nimmt das Gewebe bei den Laub- und Strauchflechten eine noch parenchymähnlichere Form an (Fig. 194) und legen sich bei den Gallertflechten die Fadenäste, wenn sie auch sonst mehr senkrecht verlaufen, an den Oberflächen in horizontaler Richtung nebeneinander (Fig. 193 a. S. 335).

Zur Untersuchung des Flechtenlagers bedarf es zarter Quer- und Längsschnitte, welche letztere sowohl in der der Oberfläche parallelen, als in der auf ihr senkrechten Richtung geführt werden müssen.

Algen.

Die einfachsten Gestalten dieser Classe bestehen aus nur einer einzigen Zelle und sind unter dem Namen der einzelligen Algen bekannt. Dahin gehören die Protocococeen, die Desmidieen, Palmellaceen, Diatomeen, Valonieen etc. Die äusserst mannigfaltigen Formverschiedenheiten, welche namentlich bei den Desmidieen, Diatomeen u. s. w. auftreten, haben uns hier nicht zu beschäftigen. Die Objecte unserer Beobachtungen sind in den Bestandtheilen der Zelle und ihrem Baue gegeben und lassen sich die dafür gestellten Aufgaben mit Ausnahme der Valonieen meist ohne jede weitere Präparation lösen, indem man einfach eine Anzahl von Individuen ihrem Standorte entnimmt und in Wasser oder einer anderen passenden Zusatzflüssigkeit auf dem Objectträger unter Deckglas ausbreitet.

Die Zellwand verlangt ganz dieselben Untersuchungsmethoden, wie sie bereits früher angegeben wurden. Dasselbe gilt für den Inhalt, welcher bei allen Familien mit Ausnahme der Diatomeen, bei welchen das Chlorophyll durch einen gelb bis braun gefärbten Farbstoff, das sogenannte Phycochrom, ersetzt wird und Fetttropfen u. s. w. als Inhaltskörper zu beobachten sind, keine irgend hervorhebenswerthe Eigenschaften besitzt.

Diatomeen. — Für die Diatomeen wird der Bau der Zellhülle, namentlich das Verhältniss der sogenannten Raphe, ob dieselbe eine verdickte oder verdünnte Stelle oder gar eine Lücke in der verkieselten Zellhülle sei, dann die Structur der Oberfläche auf Haupt- und Nebenseiten von Interesse. Gilt es auch hier zunächst nicht die eigenthümlichen Verdickungsformen, welche vorzugsweise für die specifische Charakterisirung von Wichtigkeit werden, in ihren Einzelheiten für die verschiedenen

Familien, Gattungen und Arten zu verfolgen, so ist es doch nothwendig, sich über die verschiedenen Haupttypen derselben wie über die denselben zu Grunde liegenden feineren Structuren um so mehr zu unterrichten, als dieselben, soweit sie wenigstens die feinen Zeichnungen auf den Kieselschalen der Pleurosigmen, Naviculaceen u. s. w. betreffen, in neuerer Zeit zwischen verschiedenen Forschern Controversen hervorgerufen haben. So werden z. B. die Zeichnungen des Pleurosigma angulatum (siehe Bd. I. Seite 128) von einzelnen Forschern als durch drei sich durchschneidende Streifensysteme hervorgebracht angesehen, während andere sie als sechsseitige krystallähnliche Erhebungen, noch Andere als wechselseitige Vertiefungen betrachten und sie nach einer neuesten Ansicht endlich in vierseitigen in eigenthümlicher Weise gegeneinander gestellten Körperchen ihren Grund haben sollen. Da die feiner gezeichneten Objecte der Beobachtung wegen der Kleinheit ihrer Oberflächenzeichnungen nicht unbedeutende Schwierigkeiten entgegensetzen, so ist zunächst zu beachten, dass man sich der schwebenden Frage eben nur dann nahen darf, wenn man im Besitze ausgezeichneter Objectivsysteme ist. Dann aber gehe man für die einzelnen durch eigenthümliche Structur bedingten Formverhältnisse immer von den leichteren, mit ähnlichen grösseren Zeichnungen versehenen Arten und Gattungen, für jene mit ausgesprochener sechseckiger Zeichnung, z. B. von Triceratium, Isthmia, Bidulphia aus und schreite allmälig, soweit es das Material gestattet, zu den kleiner und kleiner werdenden (Coscinodiscus, Eupodiscus u. s. w.) und endlich zu den feinsten Zeichnungen fort, welche in verschiedenen Graden durch verschiedene Cocconeisarten repräsentirt werden. Das Hauptmittel zur Entscheidung wird der geschickte Gebrauch der feinen Einstellung mit genauester Beachtung des Bd. I. S. 355 näher beschriebenen Verhaltens der Reliefverhältnisse gewähren, das aber für die schwierigeren Arten nur dann mit Erfolg zur Anwendung gebracht werden kann, wenn vorher die betreffenden Objecte einer geeigneten Vorbereitung unterworfen, d. h. von ihrem Inhalte befreit und in ihre einzelne Platten zerlegt worden sind. Um dieses Ziel bei denjenigen Diatomeen zu erreichen, welche man nicht ohnehin, wie z. B. die Meeresdiatomeen, von irgend einem Präparateur oder einer Präparatenhandlung (Bourgogne in Paris, Möller in Vreden, Rodig in Hamburg sind hier zu empfehlen) beziehen muss, und die man dann zunächst von allen mit ihnen vermischten und verunreinigenden fremden Substanzen allenfalls durch Glühen, Behandeln mit Salzsäure, dem Schultze'schen Mazerationsgemisch, Schlemmen u. s. w. befreit hat, ist folgendes Verfahren, welches von Gerstenberger mitgetheilt wurde, als das einfachste zu empfehlen. Die möglichst gereinigten Diatomeen werden in einem Porzellanschälchen fast völlig eintrocknen gelassen, das letztere dann bis zur Hälfte mit Salpetersäure gefüllt und eine geringe Quantität chlorsaures Kali zugefügt. Hierauf kocht man solange, bis die anfänglich auftretende grüne Färbung des Diatomeeninhaltes vollständig verschwunden und das Ganze nahezu farblos geworden ist. Um nun die Säure zu entfernen, schüttet man

den Inhalt des Schälchens in ein geräumiges, mit Wasser gefülltes Becherglas, lässt absetzen, decantirt die überstehende Flüssigkeit und wiederholt dieses Verfahren so oft, bis man sich überzeugt halten darf, dass alle salpetersauren Salze vollständig entfernt sind. Die so erlangten Spaltungsproducte hebt man in Weingeist auf und glüht dieselben dann vor der Beobachtung in der Seite 342 des ersten Bandes beschriebenen Weise, wonach das Präparat an Klarheit nichts zu wünschen übrig lassen wird.

Die hier in Betracht kommenden Verhältnisse der Oberflächenstructur lassen sich unter folgenden Hauptformen zusammenfassen:

1. Die Kieselhülle ist einfach, in der Regel quergestreift, indem verdünnte Stellen mit verdickten abwechseln, wie bei den gröber gezeichneten Pinnularien.
2. Die verdickten Streifen zeigen eine perlige Structur oder es erscheinen dieselben anscheinend aus Krystallkörperchen zusammengesetzt, wie bei Eunotia, Himanthidium, Cymbella.
3. Vertiefte oder verdünnte Stellen der Kieselhülle werden von mehr oder minder regelmässigen vieleckigen, meist sechseckigen, wallartigen Erhebungen umgeben, wodurch häufig bei feiner gezeichneten Objecten oder bei schwacher Vergrösserung scheinbare sich unter verschiedenen Winkeln durchkreuzende Streifensysteme zum Vorschein kommen, wie bei Triceratium, Isthmia, Coscinodiscus, Cocconeis u. a. m.
4. Die Kieselhülle ist mit wirklichen unendlich kleinen Quarzkörperchen bedeckt oder aus diesen zusammengesetzt, welche mit ihrer Längsachse der Zelle parallel gerichtet sind oder diese unter einem schiefen Winkel (meist 45^0) schneiden. Hieraus resultiren zunächst nur bei stärkeren Vergrösserungen genau erkennbare schachbrettartige Zeichnungen, welche bei schwächerer Vergrösserung als mehr oder minder regelmässige Sechsecke erscheinen oder selbst den Eindruck von sich durchschneidenden Streifensystemen machen. Hierher gehören die feiner gezeichneten Naviculaarten, Pleurosigma, Nitschia, Grammatophora u. a. *)

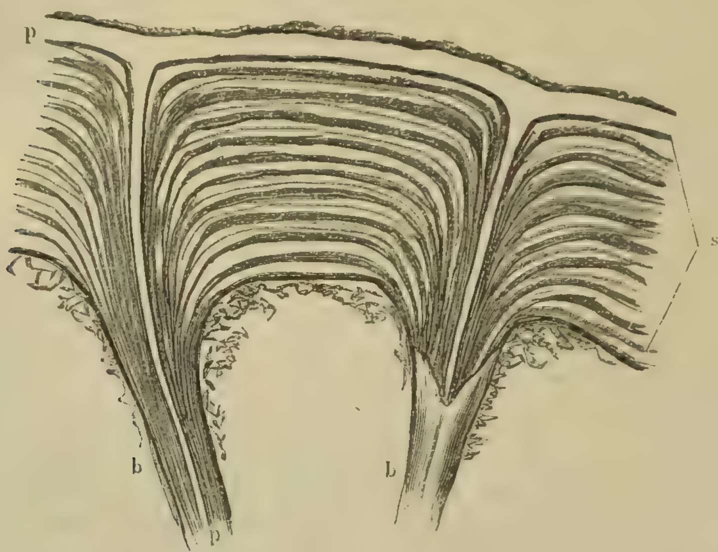
Siphoneen. — Um den feineren Bau der Zellhülle der Siphoneen zu studiren, muss man feine Querschnitte durch die Zellen anfertigen, die sich bei den stärker verdickten und umfänglichen Arten recht schön aus freier Hand, bei den anderen zwischen Hollundermark, oder mittelst Einhüllens der Zellfäden in die an anderen Orten beschriebene Gummimasse erhalten lassen.

Besonders interessante und für manche Fragen über den Bau der Zellwand wichtige Aufschlüsse gewährende Objecte liefern die aus einer

*) Genaueres über diese Structurverhältnisse werden die Nachträge zum I. Bande bringen, da ich erst durch neuerdings erhaltene sehr vortreffliche stärkste Objectivsysteme zur Aufhellung derselben in den Stand gesetzt wurde und gegenwärtig noch mit den einschlägigen Untersuchungen beschäftigt bin.

einzigen vielfach verzweigten Zelle bestehenden Caulerpaarten. Hier ist der Bau von allen Forschern, welche sich bisher mit demselben be-

Fig. 195.



Kleiner Theil eines Querschnittes durch die Zellhülle von Caulerpa Flagelliformis mit durchschnittenen Zellstoffbalken. *p* primäre Zellhülle und von dieser ausgehende feine Balken, *s* geschichtete secundäre Verdickung der äussern Zellhülle, welche sich in die Zellstoffbalken *b b* fortsetzt. Vergr. 1 : 500.

schäftigten, besonders das gegenseitige Verhältniss der den Hohlraum durchziehenden verästelten Zellstoffbalken und der Zellhülle mit ihren Verdickungsschichten zueinander theils ungenau, theils vollständig falsch dargestellt und daher natürlich auch gänzlich irrig gedeutet worden. Indem ich in dieser Beziehung für das Ausführlichere auf eine demnächst von mir erscheinende Arbeit verweise, will ich nur anführen, dass man, um sich über dieses Verhältniss genau zu unterrichten, äusserst feine Querschnitte nothwendig und in diesen diejenigen Stellen zur Untersuchung besonders auszuwählen hat, wo mittelst des Schnittes einer oder einige der in die Zellhülle eingedrungenen Zellstoffbalken möglichst genau in der Mitte getroffen wurden. Man wird dann das in der Fig. 195 wiedergegebene Verhalten nicht verkennen können und auch jenes der schief getroffenen Balken richtig aufzufassen im Stande sein. Ebenso werden nach so erlangter richtiger Anschauung weniger gelungene Stellen klarer werden, namentlich, wenn man sich der genauesten Einstellung befleissigt, welche für diese Untersuchung ganz besonders anzuempfehlen ist, damit man sich nicht durch die unter oder über den Zellstoffbalken fortlaufenden Schichtungsstreifen irreleiten lässt. Im Uebrigen lassen sich auch für Caulerpa die Seite 67 u. folg. erwähnten Untersuchungsmethoden verwerthen. Für die Erkenntniss des Verlaufes der Verdickungsschichten in der Nähe der Zellstoffbalken leistet Kalilauge als Quellungsmittel, vor

allem aber die Beobachtung in polarisirtem Lichte unter Anwendung eines verzögernden Plättchens gute Dienste.

Conferven. — Die Conferven oder Fadenalgen bilden entweder einfache Formen, wo sie dann aus einfach in ihrer Längsachse aneinander gereihte Zellen (Ulothrix, Zygnema, Spirogyra, Oedogonium u. s. w.) bestehen, oder es verästeln sich die Fadenzellen in mehrfacher Weise bald mehr bald minder regelmässig und an bestimmten Stellen, und bringen so nach mehr oder minder deutlich gesetzmässiger Ordnung gebildete Gestalten hervor. Für die Bildungsgeschichte dieser letzteren ist es von Interesse, die Folge der Zelltheilungen zu studiren und das Gesetz der Bildungsweise zu erforschen und müssen dafür die Untersuchungen von der Keimung an beginnen und in lückenloser Reihe fortschreiten. Zumeist wird man für diesen Zweck im Zimmer cultivirte Arten benutzen können, deren Erhaltung und Weitervegetiren für längere Zeit ohne Schwierigkeit gelingt, wenn man die weiten Gläser, in denen man die Cultur vornimmt, vor Staub und vor zu starkem Lichtreize schützt. Wo es keine besondere Schwierigkeiten macht, da empfiehlt sich jedoch neben cultivirten Pflanzen auch frisch ihren natürlichen Standorten entnommene der Beobachtung zu unterwerfen.

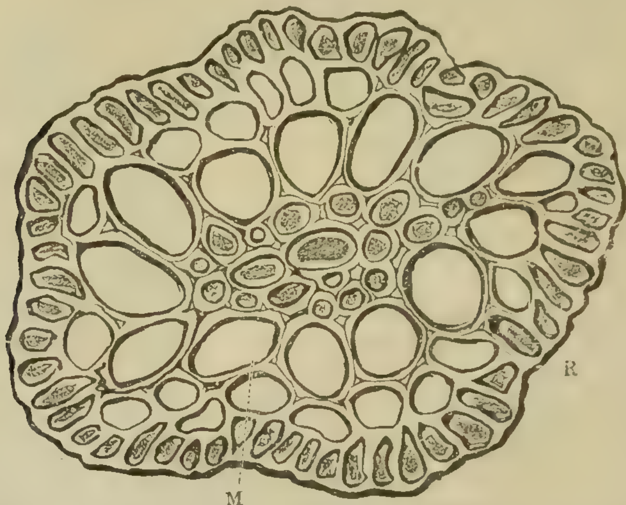
Zur Beobachtung der in Bezug auf die Ineinanderschachtelung der den verschiedenen Zellgenerationen angehörigen Zellhüllen waltenden, sowie für die sonstigen Structurverhältnisse der letzteren genügen in der Regel Flächen- und mittelst Gebrauches der feinen Einstellung erlangte optische Längsschnittansichten. Wo stärker verdickte, geschichtete Zellstoffhüllen vorhanden sind, da können zu diesen noch Querschnitte treten, welche sich in der bei den Voloniaceen geschilderten Weise erhalten lassen. Die Anwendung der betreffenden Reagentien darf natürlich nicht versäumt werden, da ihre Wirkungsweise gegenüber den verschiedenen Hüllschichten und Hüllgenerationen, worüber schon bei Gelegenheit der Zelltheilung gehandelt wurde, manche für das richtige Verständniss wichtige Aufklärungen gewährt.

Florideen und Fucoideen. — Die Florideen und Fucoideen werden in der Regel von gesetzmässig angeordneten Zellgruppen gebildet, auf deren Anordnung die hier sehr reich vertretenen Formverschiedenheiten beruhen, die sich indessen immer mehr oder minder deutlich auf einen Hauptstamm mit verschiedenartiger Verästelungsweise zurückführen lassen. Um sich hierüber die erforderlichen Anhaltspunkte zu verschaffen, ist es durchaus nothwendig, von der Keimung an an der Hand der Entwickelungsgeschichte die sich geltend machenden Zellvermehrungsprocesse zu verfolgen, aus denen eben aber je nach Umständen Zellkörper, Zellflächen und Zellfäden hervorgehen. Da die hier in Betracht kommenden Pflanzen indessen meist nur einzelnen Forschern zugänglich werden, so dürfen wir das Specielle um so eher übergehen, und brauchen bloss

auf die verschiedenen unten citirten Arbeiten in dieser Richtung zu verweisen.

Zum Studium des histiologischen Baues der fertigen Pflanzen lassen sich Herbariumexemplare recht wohl benutzen und kann man dieselben im Wasser aufweichen, wobei die Zellen ihr frisches Ansehen fast ganz wieder erlangen. Man wird dabei auf die Unterschiede in den Zellenformen zu achten haben, je nachdem sie in dem Inneren, an der Aussen-

Fig. 196.



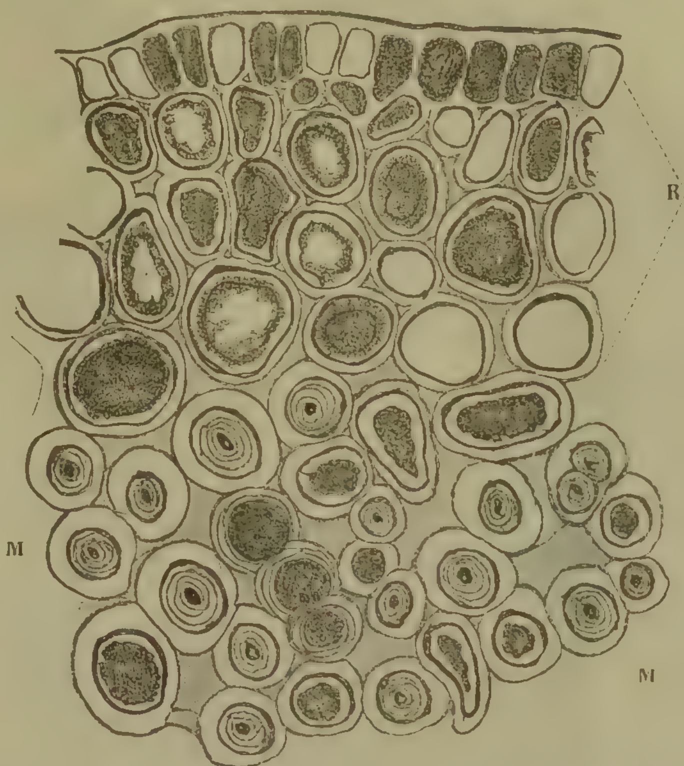
Querschnitt durch das stengelartige Lager von Polysiphonia complanata. *R* Rindenschicht, *M* markartiges Gewebe. Vergr. 1 : 80.

fläche oder dicht unter dieser auftreten. In der Regel wird man hier, namentlich bei den stengelartig, hier und da auch bei den mehr flächenartig ausgebreiteten Lagern Verschiedenheiten finden, welche der Differenzirung der gleichartigen Gewebe bei den höheren Gewächsen mehr oder minder analog sind, und sich in gewissem Sinne als Markgewebe, Rindenschicht und Oberhaut auffassen lassen (Fig. 196 u. 197).

Die Untersuchungsmethode wird sich hier nach den Verschiedenheiten des Materials in Bezug auf Bau und Consistenz verschieden gestalten und für einzelne Gattungen entsprechende Modificationen erleiden, bald einfacher bald complicirter sein müssen. Querschnitte werden über die Anordnung der Zellenarten in der Richtung von der Peripherie nach dem Centrum Aufschluss geben, Längsschnitte die Zellformen selbst näher erkennen lassen und weitere Andeutungen über die Verbindungsweise untereinander gewähren, während isolirte Zellen für die genaue Kenntniss der einzelnen Zellformen das noch Fehlende ergänzen können. Die chemische Beschaffenheit der Zellhüllen und, wo dieselben vorhanden sind, ihrer einzelnen Schichten wird mittelst der bekannten Reagentien sich ermitteln lassen, während über den feineren Bau die

schon mehrfach besprochenen Untersuchungsweisen den gewünschten Aufschluss geben.

Fig. 197.



Querschnitt aus dem Lager von Fucus spec. *R* Rindenschicht, *M* markartiges inneres Gewebe. Vergr. 1 : 320.

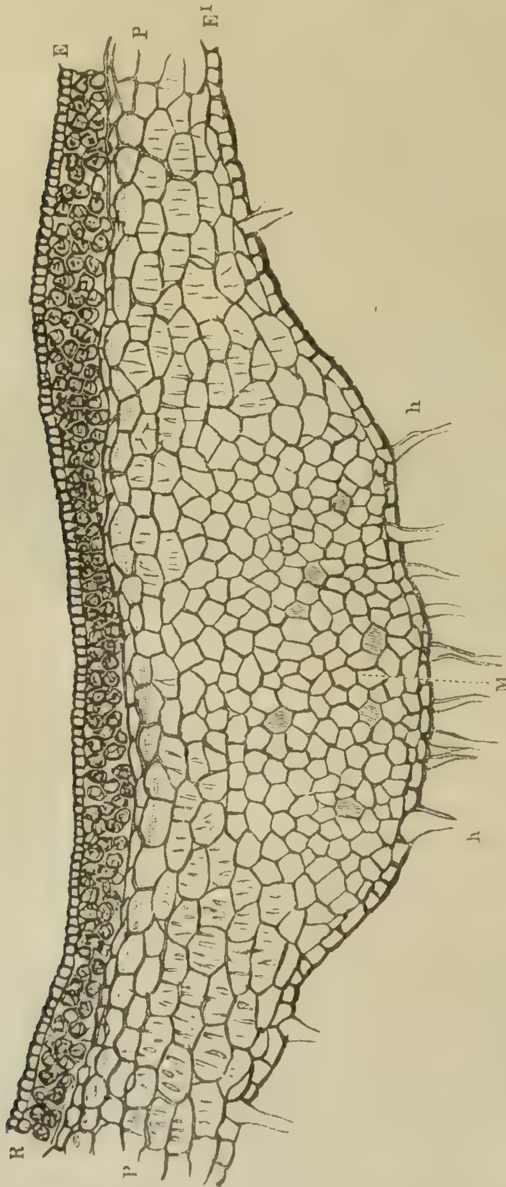
2. Stengel der Moose.

Stengel der Lebermoose.

Laubartige Lebermoose. — Bei einer Gruppe der Lebermoose ist der Stengel laubartig, d. h. in der Fläche ausgebreitet. Er nähert sich insofern dem Lager mancher Flechten, von dem er sich indessen in seinem Bau doch wesentlich unterscheidet. Den vollkommensten Bau besitzt der laubartige Stengel der Marchantiaceen. Derselbe zeichnet sich nämlich durch einen hier und da verzweigten centralen Strang langgestreckter chlorophyllleerer oder doch chlorophyllarmer, manchmal Krystallconglomerate führender Zellen aus, den man wohl als erste Andeutung des Gefässbündels aufzufassen berechtigt sein dürfte (Fig. 198 *M* a. f. S.). Die Oberhaut (*E* u. *E'*), in der sich zerstreute Spaltöffnungen finden, wird von engeren und kleineren Zellen gebildet, von denen aus sich auf der Unterseite die bekannten Wurzelhärchen (*h*) fortsetzen. Auf der oberen Seite

liegen unter der Oberhaut einige Lagen rundlicher Rindenzellen (*R*), welche dicht mit Chlorophyll erfüllt sind, während das übrige Gewebe des Lagers aus weitem polyëdrischen Parenchym (*P*) besteht, dessen Zellen netzförmig verdickt erscheinen. Um sich über die Verhältnisse im Allgemeinen Aufschluss

Fig. 193.



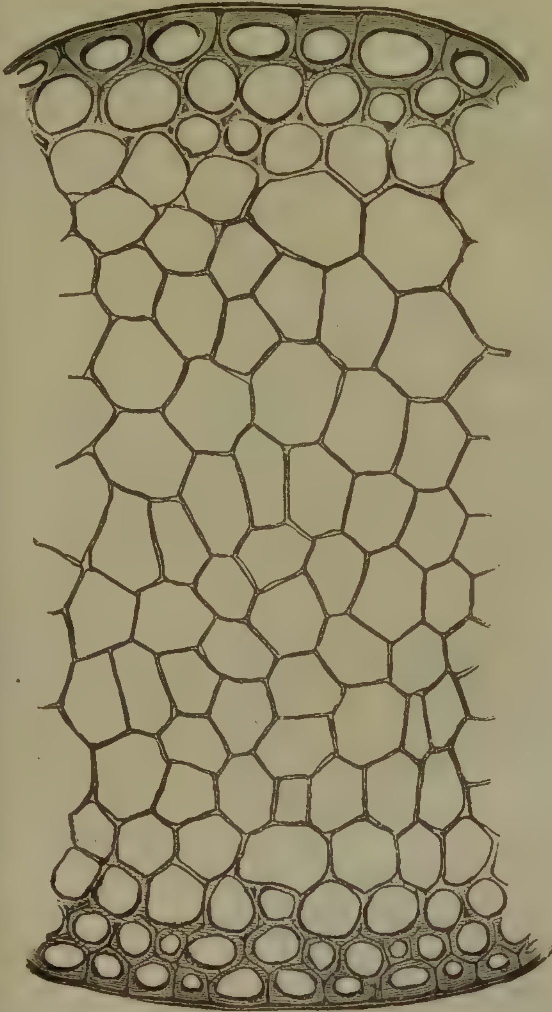
Querschnitt durch den laubartigen Stengel von Marchantia polymorpha. *E* und *E*¹ obere und untere Epidermis, *R* chlorophyllhaltige aus rundlichem Parenchym bestehende Rindenschicht, *P* netzförmig verdicktes Stengelparenchym, *M* Mittelnerv, *h h* Wurzelhaare. Vergr. 1 : 80.

zu verschaffen, genügt die Betrachtung unverletzter Stengel oder Stengeltheile, welche nöthigenfalls durch Behandlung mit Aetzkali durchsichtig gemacht und durch Druck auf das etwas starke Deckglas flach ausgebreitet werden müssen. Um die feinere Structur zu erkennen, nimmt man zarte

Quer-, Längs- und Flächenschnitte, welche sowohl den mittleren Zellenstrang, als die seitliche blattartige Ausbreitung treffen. Endlich kann man noch die isolirten Zellen der beiden Stengeltheile der Betrachtung unterwerfen, welche man am besten durch Mazeration mittelst Aetzkalilauge gewinnt.

Beblätterte Lebermoose. — In der zweiten Gruppe, welche die beblätterten Lebermoose umfasst, nähert sich der Stengel in der äusseren Form mehr dem der nachfolgenden Classe, während er im inneren Bau fast einfacher erscheint, als der der vorhergehenden Gruppe (Fig. 199). Er besteht hier nämlich ganz aus gestrecktem Parenchym. Dieses erscheint nach Aussen als Rindenlage stärker verdickt und hier und da in seiner Zellstoffhülle mehr oder minder stark gelb bis bräunlich gefärbt und geht ganz allmälig in das zarte Parenchym des inneren Theiles über. Eine Andeutung eines Gefässbündels, welche sich durch abweichend gebaute, stärker verlängerte oder verengerte Zellen kenntlich machte, ist, soweit meine Erfahrungen reichen, hier nirgends vorhanden.

Fig. 199.



Querschnitt durch den Stengel von Madothea platyphylla. Vergr. 1 : 300.

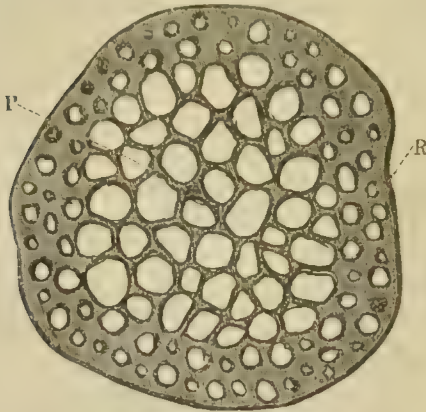
Zur Untersuchung des Stengelbaues bedarf man hier zarter Quer- u. Längsschnitte, welche man bei einiger Uebung ganz gut aus freier Hand anfertigen, oder auch mittelst der im ersten Band angegebenen Methode gewinnen kann.

Stengel der Laubmoose.

Der Stengel bei den Laubmoosen zeigt, wie schon bei Gelegenheit der Gefässbündeluntersuchungen erwähnt worden, mehrere Typen.

Moose ohne Gefässbündelstrang. — Bei einer gewissen Anzahl von Laubmoosen unterscheidet sich der Stengel in seinem histiologischen Baue kaum von jenem der beblätterten Lebermoose. Der einzige Unterschied, der sich bemerklich macht, besteht darin, dass der Rindentheil aus stärker verdickten und verholzten, meist dunkelbraun gefärbten faserartigen Zellen besteht, und dass der Uebergang von dem Rindengewebe in das zartere kürzere Stengelparenchym nicht ganz allmälig, sondern meist mehr plötzlich erfolgt (Fig. 200). Zu dieser Gruppe von Moosen gehören unter anderen Barbula, Fontinalis, Orthotrichum, Gymnostomum.

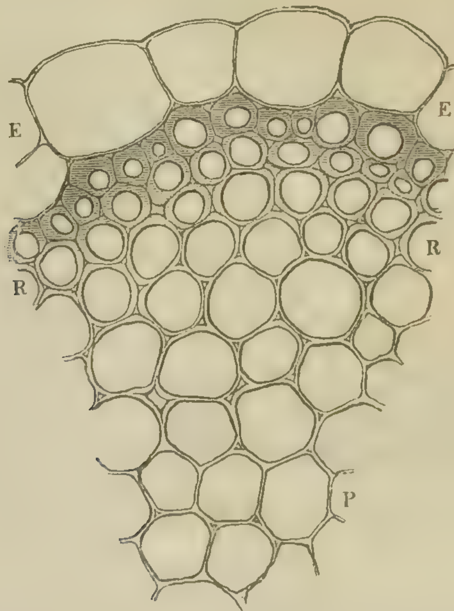
Fig. 200.



Querschnitt durch den Stengel von Gymnostomum microstomum. *R* verdickte Rindenzellen, *P* Stengelparenchym. Vergr. 1 : 180.

Sphagneen. — Der Stengel der Sphagneen kommt in seinem Baue nahezu dem der vorhergehenden Gruppe gleich (Fig. 201). Derselbe besitzt

Fig. 201.

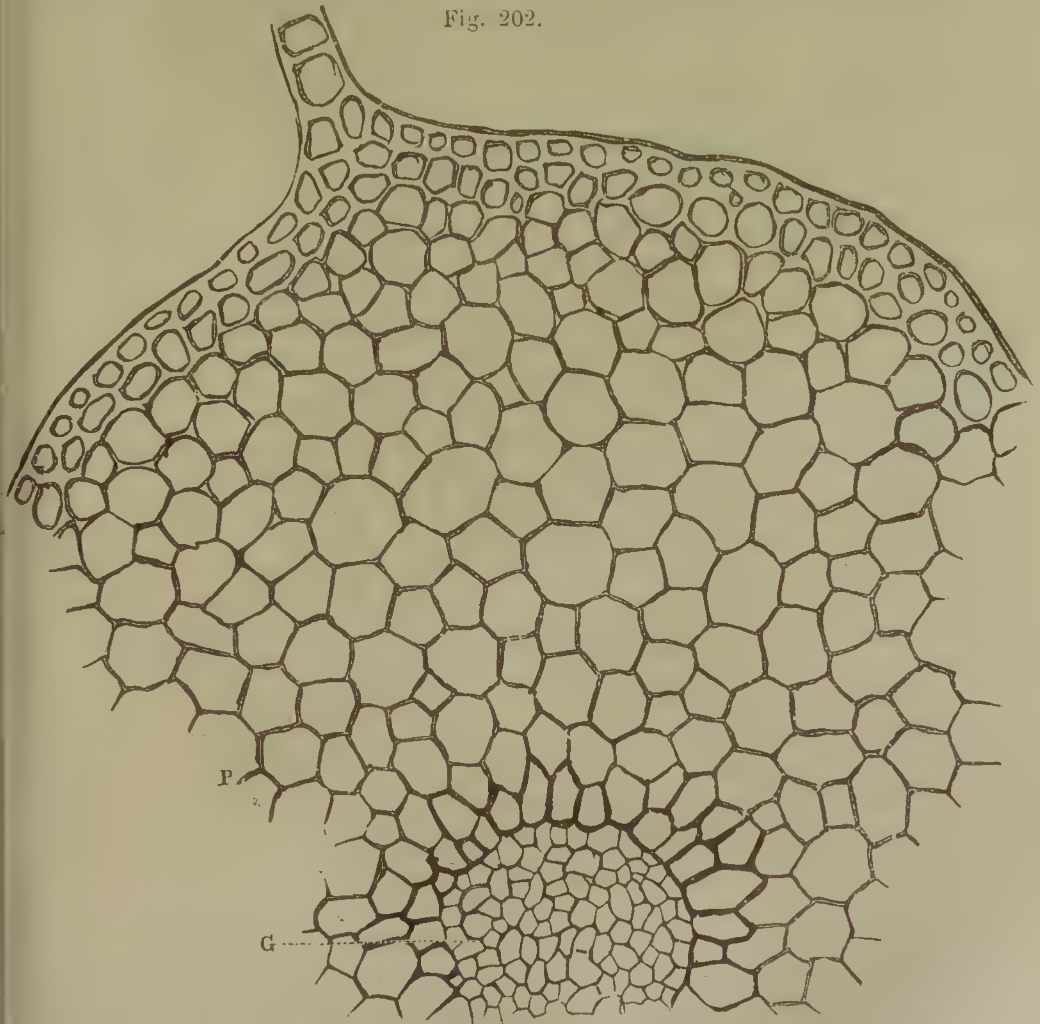


Theil eines Querschnittes durch den Stengel von Sphagnum cymbifolium. *E* Oberhautzellen, *R* verdickte gefärbte Rindenzellen, *P* Stengelparenchym. Vergr. 1 : 320.

eine ein- oder zweireihige aus gestreckten, weiten, eigenthümlich spiralig-porös verdickten Zellen gebildete Oberhaut, unter der sich als Rinde eine mehr oder minder starke Schicht meist dunkel gefärbter, verholzter, häufig poröser, faserähnlicher Zellen einfindet, welche allmälig in das zartwandige Stengelparenchym übergeht.

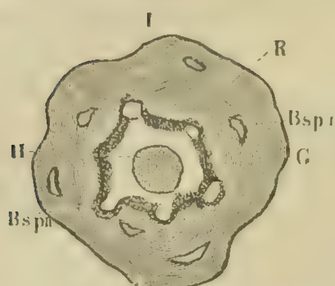
Moose mit centralem Gefässbündelstrange. — Einen ziemlich ähnlichen Bau wie bei den Moosen der ersten Gruppe besitzt der Stengel von Dicranum, Thamnium, Anomodon, Bartramia, Bryum, Hypnum. Hier tritt aber ein entschieden ausgesprochenes Gefässbündel hervor, indem sich ein centraler Strang von Zellen auf dem Querschnitt theils durch ihre stärkere Verdickung (Dicranum), theils durch ihre zartere Wandbeschaffenheit (Mnium), theils nur durch die Verengerung ihres Lumens (Thamnium), welche auch immer mit der verschiedenen Wandverdickung Hand in Hand geht, vor den übrigen Elementen des Stengels auszeichnet (Fig. 202).

Fig. 202.



Querschnitt durch den Stengel von Mnium stellatum. *R* Rinde, *P* Stengelparenchym, *G* Gefässbündelstrang. Vergr. 1 : 320.

Fig. 203.



Moose mit ringförmigem Gefässbündel. — Den vollkommensten Stengelbau zeigen die Polytrichumarten. Die verdickten englumigen und stark gefärbten Rindenzellen gehen hier auf dem Querschnitt allmälig in ein weitmaschigeres Parenchym über, dessen Zellhüllen eine gelbliche Färbung zeigen, dann folgt mit ebenfalls allmäligem Uebergange ein mehr oder minder breites dünnwandigeres Gewebe, das nach

I. Querschnitt durch den Stengel von Polytrichum commune. Dunkel gefärbtes Rindengewebe. *M* Markbündel, *G* Gefässbündelring, Bsp^{I} Blattspuren in der Rinde, Bsp^{II} mit dem Gefässbündelring in Verbindung stehende Blattspuren. Vergr. 1 : 20. — II. Theil des Querschnittes I, stärker vergrössert. *R* Rinde, *P* Stengelparenchym, *M* Mark, *G* Gefässbündelcylinder, $Bsp^{I\,II\,III}$ Blattspuren. Vergr. 1 : 150.

Innen mit einem Kranze dunkel gefärbter, mässig verdickter, theils engerer, theils weiterer Zellen abschliesst. Innerhalb dieser letzteren tritt ein ziemlich breiter in seinen Wandungen wenig gefärbter Ring zartwandigen Gewebes auf, das in einen centralen Strang von einseitig verdickten Zellen mit stärker gefärbten Wandungen übergeht (Fig. 203 II.). Das Gefässbündel wird bei Polytrichum, wie schon früher bei näherer Charakterisirung seines Baues nachgewiesen wurde, und wie namentlich auch die Vergleichung des Längsschnittes lehrt, von dem zweiten Gewebekreise von dem centralen Strange an gerechnet gebildet, ist also nicht mehr ein centraler Strang, wie bei der vorhergehenden Gruppe, sondern ein zusammenhängender Hohlcylinder und es vermittelt somit der Bau des Stengels dieser Gattung der Uebergang zu dem der nächstfolgenden Classe mit ringförmig gestellten, getrennten Gefässbündeln. Hier treten auch bei den Moosen deutliche mit dem Gefässbündel des Stengels in Verbindung stehende Blattspuren auf, die je nach dem Alter des betreffenden Blattes bei einfacherem Baue entweder direct mit dem Gefässbündel zusammenhängen (Fig. 203 I. u. II. *Bsp*'') oder in dem nächstgelegenen Parenchymkranze näher bei oder weiter von demselben entfernt stehen (*Bsp*'), oder bei einem dem Mittelnerven des Blattes mehr genäherten Baue sich mit Sicherheit bis in das derbwandigere Aussenparenchym zunächst unter der Rindenlage verfolgen lassen und auf dem Längsschnitte nicht minder deutlich hervortreten, wie auf dem Querschnitte.

Neben den zur Orientirung über den histiologischen Gesammtaufbau des Moosstengels nothwendigen Quer- und Längsschnitten müssen hier auch, um sich über die Structur der einzelnen an den verschiedenen Stengelzonen theilnehmenden Zellformen genügend zu unterrichten, isolirte Zellen der Beobachtung unterworfen und wenn erforderlich mit den entsprechenden aus den vorigen Abschnitten leicht zu entnehmenden Reagentien behandelt werden. Auch hier verwendet man zur Maceration am besten Kalilauge. Um die verschiedenen Zellformen mit Sicherheit als zu dem Aufbau dieses oder jenes Theiles des Stengels beitragend zu erkennen, fertigt man mässig starke Längslamellen aus der Mitte an, welche die oben charakterisirten Gewebeunterschiede alle in sich aufnehmen, und trennt dann unter dem einfachen Mikroskope die einzelnen Theile, die man nach dem sorgfältigen Studium guter Längsschnitte leicht von einander zu unterscheiden im Stande sein wird, um dann jeden für sich mittelst der Nadel in seine einzelnen Elementarorgane zu zerlegen.

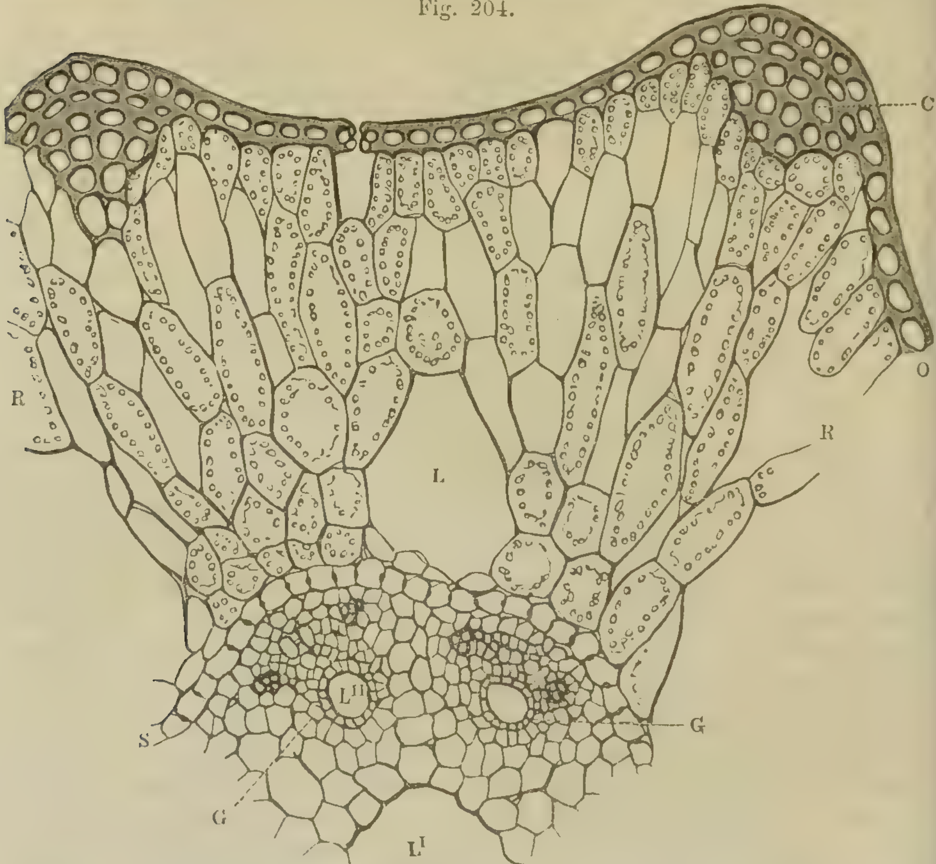
Um die Wachsthumsgeschichte, d. h. das Hervorgehen und die weitere Ausbildung der einzelnen Gewebepartien zu ermitteln, nimmt man von im Wachsthum begriffenen Stengeln, Quer- und Längsschnitte von der Spitze an abwärts. Zur Ermittelung des Zusammenhanges der Blattspuren mit dem allgemeinen Gefässbündelcylinder müssen etwas dickere Längsschnitte verwendet und diese, nachdem sie durch Behandlung mit Kalilauge, die man dem Schnitte entweder unter Deckglas zugiebt, oder in der man kürzere Zeit kocht, unter schwacher Vergrösserung betrachtet werden.

3. Stengel und Stamm der Gefässkryptogamen.

Stengel der Schachtelhalme.

Der Schachtelhalmstengel besitzt eine einreihige aus mehr oder minder stark verdickten, verkieselten und mit mannigfach gestalteten Erhebungen gezeichneten Zellen bestehende Oberhaut, welche zwischen den erhabenen Leisten oder Riefen mit wenigen Ausnahmen zierliche in einzelne oder mehrfache Reihen geordnete Spaltöffnungen zeigt (Fig. 204 *O*).

Fig. 204.



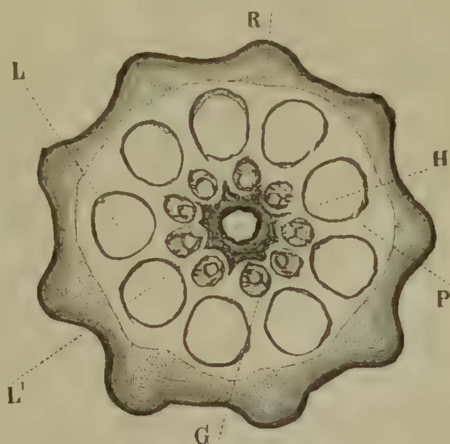
Querschnitt durch einen jungen Stengel von Equisetum silvaticum. *O* Oberhaut, *C* Collenchym, *R* Rindenparenchym, *S* Gefässbündelscheide, *G* Gefässbündel, *L* Luftlücke im Rindengewebe, L^{I} centrale Luftlücke, L^{II} Luftlücke des Gefässbündels. Vergr. 1 : 150.

Die äussere Rindenschicht besteht mit wenigen Ausnahmen (Equ. limosum, fertile Stengel von arvense und Telmateja) zum grossen Theil aus stark verdickten, in den oberirdischen Stengeltheilen ungefärbten, in den Rhizomen mehr oder minder dunkelbraun gefärbten faserartigen Zellen. Letztere häufen sich entweder nur an den Stellen, wo der Stengel hervorspringende Leisten hat, zu grösseren Bündeln (Fig. 204 *C*), oder

erscheinen auch noch unterhalb der vertieften Stellen (Rillen) in mehrfachen Reihen (Equ. pratense, arvense). Die Innenrinde, aus bald mässig verdicktem, bald zartwandigem Parenchym bestehend, wird von grossen Luftgängen derart durchbrochen, dass sich von jeder der Riefen aus eine mehr oder minder breite Parenchymbrücke zu dem entsprechenden Gefässbündel hinüberzieht, also zwischen je zweien der letzteren sich auf dem Querschnitte eine Lücke befindet (Fig. 204 u. 205 *L*). Diese Parenchymbrücken setzen sich dann nach Innen in die wenigen Zellenlagen fort (Equ. arvense, hyemale u. s. w.), welche die Luftgänge zunächst begrenzen und von der gemeinsamen Gefässbündelscheide trennen (Equ. arvense, palustre u. s. w.), oder sie gehen unmittelbar in das Zwischen- und Markparenchym über (Equ. limosum). Letzteres enthält seinerseits wieder einen grossen centralen Luftgang (Fig. 204 u. 205 *L*[1]).

Die meistens durch ziemlich bedeutende Parenchymlagen von einander getrennten Gefässbündel umgeben das Markgewebe in einem Ringe und es stimmt deren Anzahl mit jener der Leisten des Stengels, resp. der je einem Knoten zugehörigen quirlständigen Aeste überein, welche bekannt-

Fig. 205.

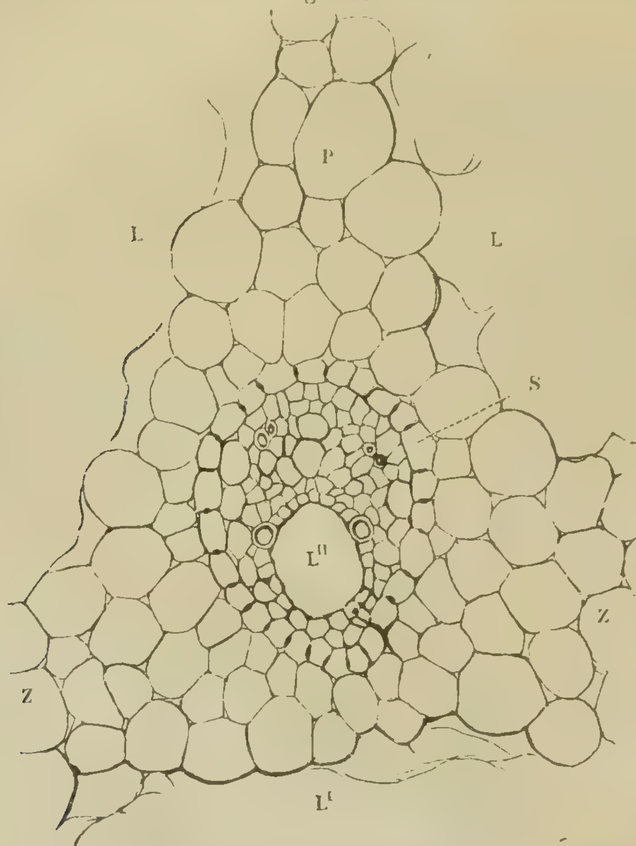


Querschnitt durch das Rhizom von Equisetum arvense. *R* Rinde, *P* Stengelparenchym mit den Luftgängen, *L*, *G* Gefässbündel mit kleinen Luftgängen, *M* das durch dickwandiges, braungefärbtes Parenchym von den Gefässbündeln getrennte Mark, *L*[1] centraler Luftgang. Vergr. 1 : 25.

lich je nach den einzelnen Arten verschieden ist (Fig. 205 *G*). Von der Rinde wird der Gefässbündelring entweder durch eine gemeinsame, leicht erkennbare einfache Reihe von mehr oder minder verdickten, gewellte Wände besitzende, den schwarzen Punkt Caspary's zeigende, in den Rhizomen meist bräunlich oder gelb gefärbten Zellen getrennt (Equ. arvense etc.) (Fig. 204 u. 207 *S*), oder es wird jedes einzelne Gefässbündel von einer derartigen Scheide umgeben, während, wie schon oben angedeutet, das Rindengewebe unmerklich in das Zwischen- und Markgewebe übergeht

(Equ. limosum, oberirdische Stengel [Fig. 206 *S*]). Wir haben in dieser Zellenreihe offenbar denjenigen Theil des Stengelparenchyms vor uns, dessen

Fig. 206.



Querschnitt aus dem Stengel von Equisetum limosum. Bezeichnung wie Fig. 204. Vergr. 1 : 150.

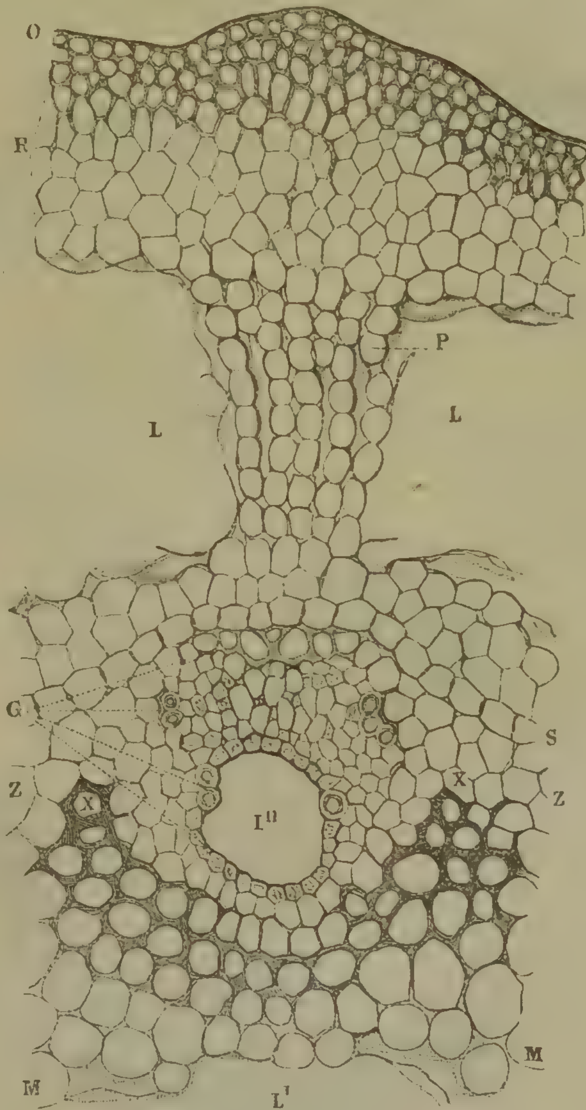
wir schon im vorhergehenden Abschnitte bei den Monokotyledonen als Gefässbündelscheide erwähnten. Eine gegen das Mark gewendete gemeinsame Gefässbündelscheide tritt nur bei einzelnen Arten (Equ. variegatum, hyemale) auf, dagegen findet sich in dem Rhizome ziemlich allgemein ein Kranz von stärker verdickten und braun gefärbten Zellen, welcher mit vorgezogenen Spitzen in das Zwischengewebe hineinragt (Fig. 207).

In den Knoten treten die Gefässbündel nach den Blättern und Aesten hinüber, während sie zugleich eine geringe Verschiedenheit in Bezug auf den Bau und die Gruppirung der einzelnen Elemente beobachten lassen.

Quer- und Längsschnitt aus verschiedenen Höhen des Stengels und ebenso durch das Rhizom geben über alle hier vorkommenden Verhältnisse die nöthigen Aufschlüsse und hat man nur für die Erforschung des feineren Baues der verschiedenen Zellenarten etc., der indessen schon früher bei dem Gefässbündel seine Berücksichtigung gefunden, isolirte Zellen in Betracht zu ziehen.

Um die Entstehung der einzelnen Gewebetheile des Stengels und deren Ausbildung zu studiren, muss man mit den Quer- und Längsschnit-

Fig. 207.



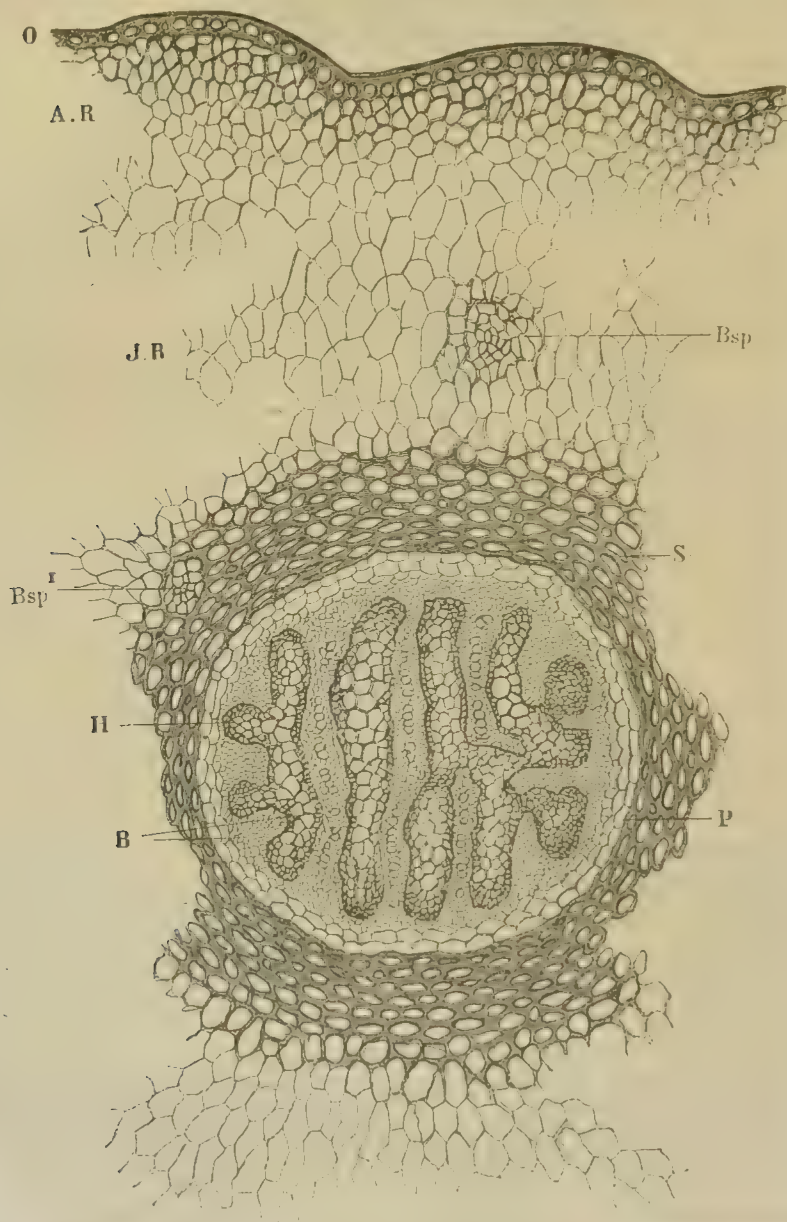
Querschnitt aus dem unterirdischen Stengel von Equisetum arvense. *O* Oberhaut, *R* Rindengewebe, *P* zwischen den Luftgängen befindliche Parenchymbrücke, *S* Gefässbündelscheide, *G* Gefässbündel, *Z* Zwischengewebe, welches nach dem Mark hin *(X, X)* dunkel gefärbt und verdickt ist und bis zwischen die Gefässbündel vordringt, *M* Mark, *L* Luftgänge des Rindengewebes, L^{II} der Gefässbündel, L^{I} centraler Luftgang. Vergr. 1 : 150.

ten von der Spitze des wachsenden Stengels aus nach abwärts steigen. Diese werden dann namentlich auch über die Entstehung der Luftbehälter der Rinde und des Markes, sowie der Gefässbündel die nöthigen Daten an die Hand geben.

Stengel der Bärlappgewächse.

Der Stengel der Bärlappgewächse besitzt ebenfalls eine wahre, aus einer einzigen Lage verdickter Zellen gebildete Oberhaut mit Spaltöffnun-

Fig. 208.



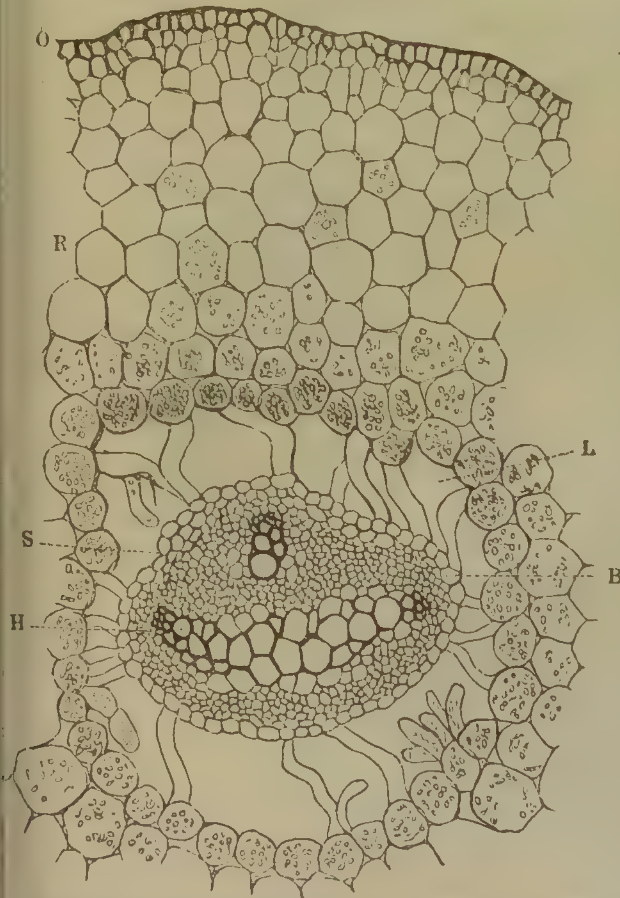
Querschnitt durch den Stengel von Lycopodium annotinum. *O* Oberhaut, *AR* Aussenrinde, *JR* Innenrinde, *S* Faserscheide, *P* Gefässbündelscheide, dünnwandiges Parenchym in der Umgebung des Gefässbündels, *H* Holztheil, *B* Basttheil des Gefässbündels, *Bsp* und *Bsp*[I] Blattspuren. Vergr. 1 : 120.

gen (Fig. 208 u. 209). Unter dieser liegen als Aussenrinde eine Anzahl von Zellenreihen mit ziemlich engem Lumen und mässig verdickten Wandungen und dann folgt ein mehr oder minder regelmässiges, weitzelligeres Parenchym mit Stärkemehl als Innenrinde (Fig. 208 u. 209 *AR* u. *JR*).

Die Innenrinde geht bei den Lycopodiumarten in die in ansehnlicher Breite entwickelte ringförmige äussere Scheide über, deren faserartige Zellen eine bedeutende Wandverdickung beobachten lassen (Fig. 208 *S*), und welche zunächst die aus einer Zellenreihe gebildete, dünnwandige innere Gefässbündelscheide (Fig. 208 *P*) und das centrale in der früher beschriebenen Weise gebaute Gefässbündel überall geschlossen umgibt. Innerhalb der Innenrinde, sowie der Gefässbündelscheide treten zahlreiche Blattspuren auf (Fig. 208 *Bsp* u. *Bsp'*), welche sich auf Längsschnitten sehr schön von den Blattansätzen aus bis zu dem Gefässbündel verfolgen lassen, wenn man nicht zu dünne Längsschnitte mit kalter Kalilauge umhüllt oder kürzere Zeit in derselben kocht.

Die Selaginellaarten lassen verschiedene Verhältnisse beobachten. Bei einzelnen Arten mit centralem Gefässbündel (Sel. caesium) liegt letzteres in einem lufterfüllten Hohlraume, durch welchen sich von der Gefässbündelscheide aus zum Rindenparenchym langgestreckte haarartige Zellen hinüberziehen (Fig. 209); bei anderen Arten setzt sich die Innenrinde theils in das engmaschigere Zwischengewebe fort, welches die einzelnen mittelpunktständigen Gefässbündelbänder und -Stränge von einander scheidet (Sel. Martensii), theils nimmt dieselbe (Sel. arborea) zunächst eine engmaschige Beschaffenheit an u. geht dann in ein schwammförmiges Gewebe über, welches die Lufträume durchzieht, von denen die isolirten Gefässbündel von Aussen umgeben werden.

Fig. 209.

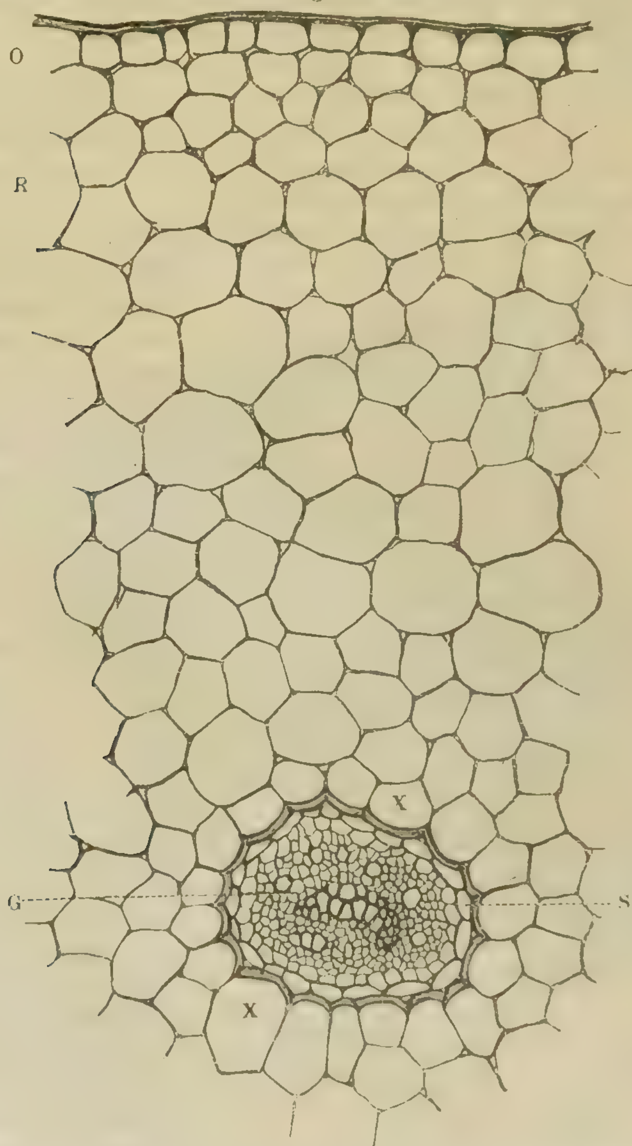


Querschnitt durch den Stengel von Selaginella caesium. *L* Luftstück um das Gefässbündel von haarartigen Zellen durchsetzt. Bezeichn. sonst gleich wie Fig. 208. Vgr. 1 : 180.

Der Stamm der Farnkräuter.

Der Stamm der Farnkräuter, mag er ein oberirdischer (Baumfarne) oder unterirdischer sein, besitzt in der Jugend eine wahre Epidermis, in der sich im ersten Falle zerstreute Spaltöffnungen finden. Unter dieser liegt entweder ein aus mässig verdickten parenchymatischen Zellen gebildetes Rindengewebe (Polypodieen, Fig. 210 *R*) oder es entwickelt sich zunächst die Aussenrinde, welche aus faserartigen, mehr oder minder stark verdickte

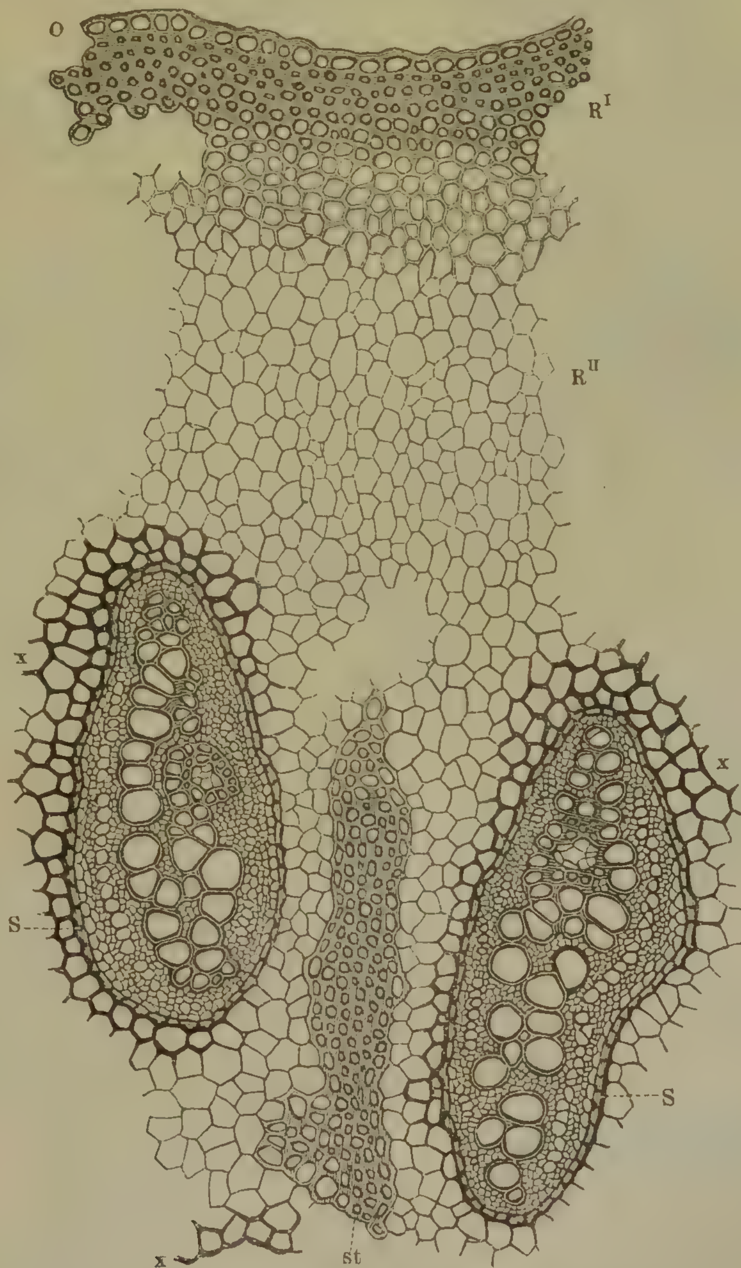
Fig. 210.



Querschnitt durch den unterirdischen Stengel von Polypodium commune. *O* Oberhaut, dünnwandiges Rindengewebe, *G* Gefässbündel, *S* Gefässbündelscheide, *X* einseitig verdickte Zellen ausserhalb der letzteren. Vergr. 1 : 200.

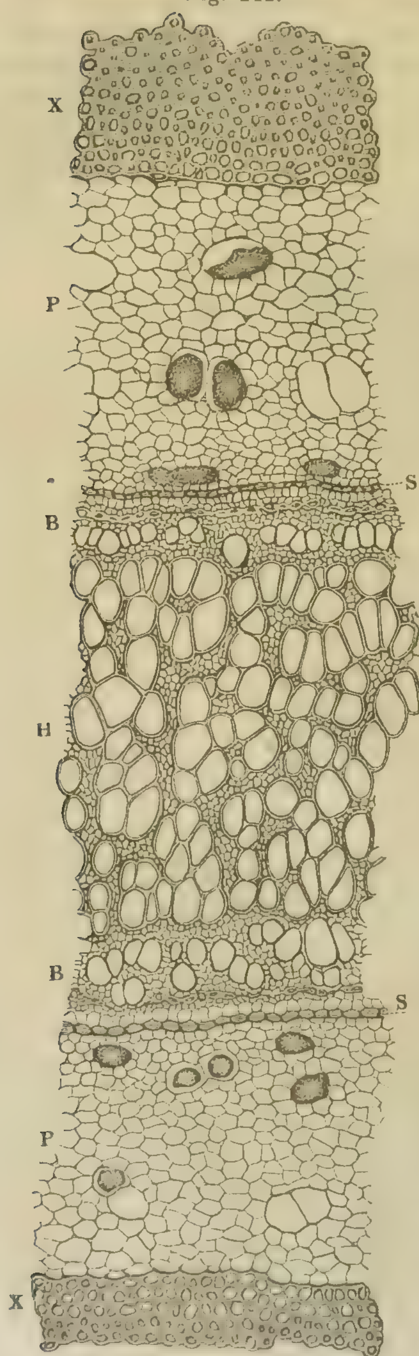
in der Regel braun oder gelb gefärbte, poröse Wände besitzenden Zellen (Pteris etc., Baumfarne) besteht und welche allmälig in die aus zartwandigem Parenchym bestehende Innenrinde übergeht (Fig. 211 R^{I} u. R^{II}). Diese setzt sich unmerklich in das allgemeine Stengelparenchym fort, welches theils das die zerstreuten Gefässbündel scheidende und durch die Gefässbündelscheide (S)

Fig. 211.



Theil eines Querschnittes durch den unterirdischen Stamm von Pteris aquilina. *st* Strang faserartiger Zellen. Bezeichnung sonst wie in voriger Figur. Vergr. 1 : 110.

Fig. 212.



Theil eines Querschnittes durch den Stamm von Cyathea incana. *H* Holztheil, *B* Basttheil des Gefässbündels, *S* Gefässbündelscheide, *P* dünnwandiger Parenchymgürtel, *X* Theile des Gürtels faserartiger stark verdickter Zellen. Vergr. 1 : 50.

von ihnen getrennte Zwischengewebe theils das innerhalb der Gefässbündel die Mitte des Stammes einnehmende Gewebe, das Mark, bildet.

Die Gefässbündel haben theils eine annähernd kreisförmige oder länglich-runde, theils eine völlig bandförmig gestreckte Gestalt.

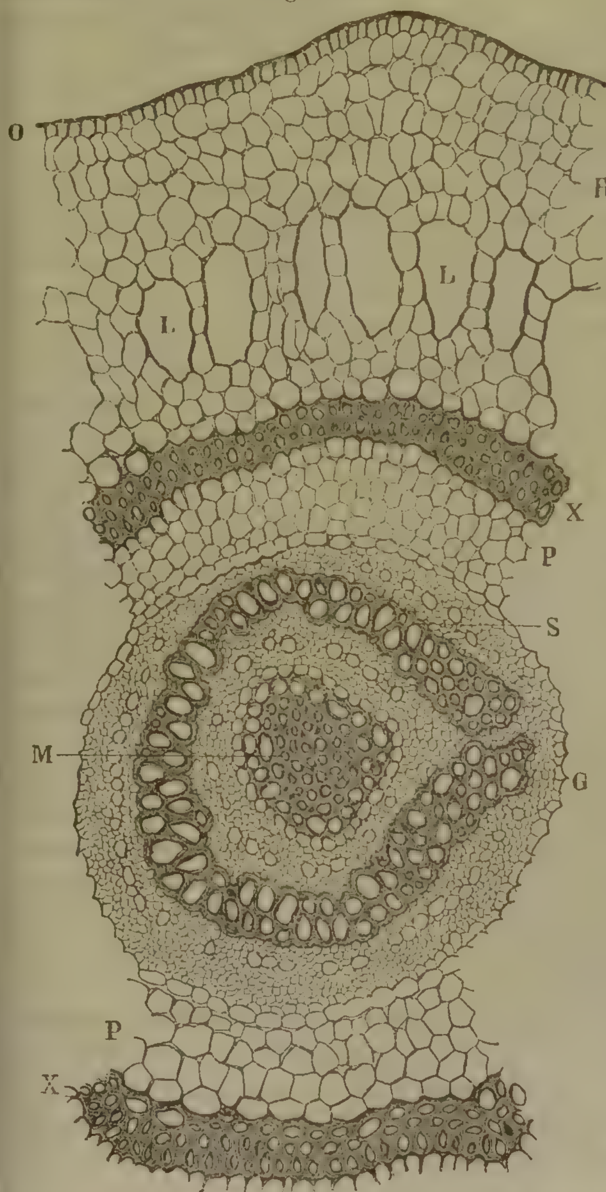
Bei den baumartigen Farnkräutern nehmen die bandförmigen Bündel den äusseren Gefässbündelkreis ein, während nach Innen mehr unregelmässig zerstreut stehende kleine rundliche Bündel auftreten. Bei unseren einheimischen Adlerfarn dagegen stehen in dem unterirdischen Stamme die Bündel beider Arten ziemlich ohne bestimmte Ordnung in dem äusseren Kreise geordnet, während gegen die Mitte zwei entschieden bandförmige Bündel auftreten. Bei anderen Arten, wie Polypodium, Asplenium u. s. w., bilden kreisförmige Bündel nahezu geschlossene Kreise, bei noch anderen, wie Osmunda, Blechuum, erscheinen in den Rhizomen langgestreckte Bündel entweder als ein einziges oder zwei nach dem Umkreis gerückte Bänder. Bei den einheimischen Farn wird jedes Gefässbündel von einer bestimmt zu erkennenden inneren und einer schmäleren oder breiteren, aus abweichend gebildeten, meist ein- oder allseitig mehr oder minder verdickten und gelb oder braun gefärbten Zellen gebildeten, häufig nur in einem Theile des Umfanges entwickelten äusseren Gefässbündelscheide umgeben (Fig. 211 *XX*). Bei den Baumfarn wird die innere Gefässbündelscheide von einer breiten dünnwandigen Parenchymlage umgeben, in der einzelne weite, gestreckte, mit einem rothbraunen, harzartigen Stoffe erfüllte Zellen eingestreut erscheinen. Hierauf folgt ein vollständig geschlos-

sener Hohlcylinder von stark verdickten, braun gefärbten, faserartigen Zellen (Fig. 212 *XX*). Ausserdem erscheinen sowohl bei den Baumfarn wie bei manchen krautartigen Farn derartige aus verdickten, faserartigen, gefärbten Zellen gebildete umfangreichere bandartige und feinere Stränge auch zerstreut in dem Parenchym zwischen den Gefässbündeln (Fig. 210 *S*).

Stengel der Rhizocarpeen.

Die oberirdischen Stengeltheile der Rhizocarpeen besitzen eine aus weiteren, meist nach Aussen stärker verdickten, die unterirdischen eine aus kleinen, nicht hervorstechend verdickten Zellen gebildete Oberhaut (Fig. 213 *O*). Unter dieser liegt das zartwandige, bald polyëdrische, bald rundliche Rindenparenchym, welches bei manchen Arten von Marsilea und bei Pilularia von zahlreichen Luftcanälen unterbrochen wird (Fig. 213 *R* u. *L*). Hierauf folgt ein schmaler Gewebering, der mit jenem einige Aehnlichkeit hat, welcher die Gefässbündel der tropischen Farnkräuter umgibt. Derselbe besteht nämlich aus in der äusseren Reihe sehr stark, fast bis zum Verschwinden des Lumens, in den inneren Reihen meist minder stark verdickten Zellen, welche bei den Frucht-

Fig. 213.



Theil eines Querschnittes durch den Stengel von Marsilea sp. *O* Oberhaut, *R* von Luftgängen *L* durchbrochene Rinde, *XX* Theil des Rings verdickter Zellen, *PP* zartwandiges Parenchym, *S* theilweise zerrissene Gefässbündelscheide, *G* Gefässbündel, *M* centraler Strang verdickter Zellen (Mark). Vergr. 1 : 100.

stielen hellgelb, bei dem unterirdischen Stengel gelbbraun bis dunkelbraun gefärbt sind (Fig. 213 *X*). Innerhalb dieses Ringes tritt wieder ein mässig verdicktes, weitzelliges, stärkereiches Parenchym auf, dem einzelne, eine rothbraune Substanz enthaltende, durch ihre Form nicht weiter ausgezeichnete Zellen eingesprengt sind und welches nach Innen, an der Grenze des centralen Gefässbündels mit einem einreihigen Kranze engerer, bräunlichgefärbter, dünnwandiger Zellen der Gefässbündelscheide abschliesst (Fig. 213 *P* u. *S*). Im Fruchtstiel nimmt das seiner Gestalt und seinen Elementartheilen nach bereits weiter oben beschriebene doppeltsträngige Gefässbündel die Mitte ein, während bei dem unterirdischen Stengel von Marsilea innerhalb des Gefässbündels und durch eine Innenscheide von ihm getrennt ein centraler Strang sehr stark verdickter, braun oder gelb gefärbter faserartiger Zellen vorhanden ist (Fig. 213 *M*).

4. Stamm und Blüthenschaft der Monokotyledonen.

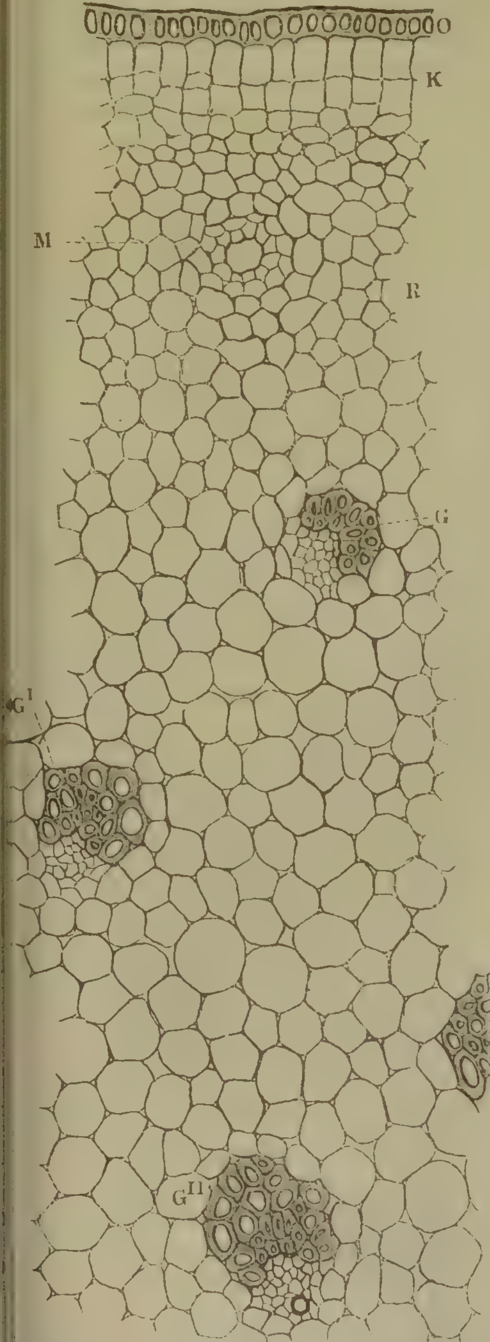
Der Stamm der krautartigen Monokotyledonen besitzt immer, jener der holzartigen wenigstens in der Jugend eine Epidermis, deren Zellen bei den Gräsern und Palmen eine grosse Menge von Kieselsäure enthalten und daher glasartig hart erscheinen, und unter der sich hier und da (Chamae dorea) stark verholzte und verdickte Rindenparenchymzellen einfinden (Fig. 215 *sp*). Bei den holzartigen und manchen krautartigen Monokotyledonen wird die Oberhaut in späterem Alter durch ein in den äusseren Rindenzellenreihen entstehendes Korkgewebe abgeworfen (Fig. 214 u. 217), so bei Dracaena, Yucca, Cordyline, Anthurium, Dieffenbachia, bei manchen Palmen.

Die Rinde, welche in einzelnen Fällen von Luftlücken oder Luftgängen unterbrochen wird (Alisma) und bald nur in wenigen, etwa zwei bis sechs Reihen (Caladium, Saccharum, Arundo), bald in mächtigeren Lagen (Dracaena, Ruscus, Yucca, Aloe etc.) entwickelt ist, ist einfach, d. h. sie besteht nicht aus verschieden gebauten Lagen. Dieselbe wird von auf dem Querschnitte polygonalem oder rundlichem Parenchym gebildet, dessen Zellen meist nur mässig verdickt sind und in ihrer Längenausmessung verschiedentlich wechseln. Hier und da finden sich in der Rinde Gruppen oder Reihen verdickter cuboidischer Zellen, sogenannte Steinzellen (Fig. 215 *sp*), dann einzelne Bündel von Faserzellen, denen unter Umständen wohl auch Bastgefässe (Siebröhren) beigemengt erscheinen (Musa, Canna, Scindapsus etc.). Ebenso treten einzelne Milchsaftgefässe (Allium), sowie Milchsaftgänge (Anthurium [Fig. 214 *M*], Alisma) und Harzgänge (Aloe) auf.

Bei manchen Monokotyledonen geht das Rindengewebe unmerklich und allmälig in das allgemeine Stengelparenchym über, so bei Anthurium, Pothos etc. (Fig. 214). Bei anderen wird das Innere des Stengels von ihm durch einen Ring verholzten, langgestreckten, oft faserartigen Parenchyms, den sogenannten Verdickungsring (Fig. 215), geschieden, welcher bald nur

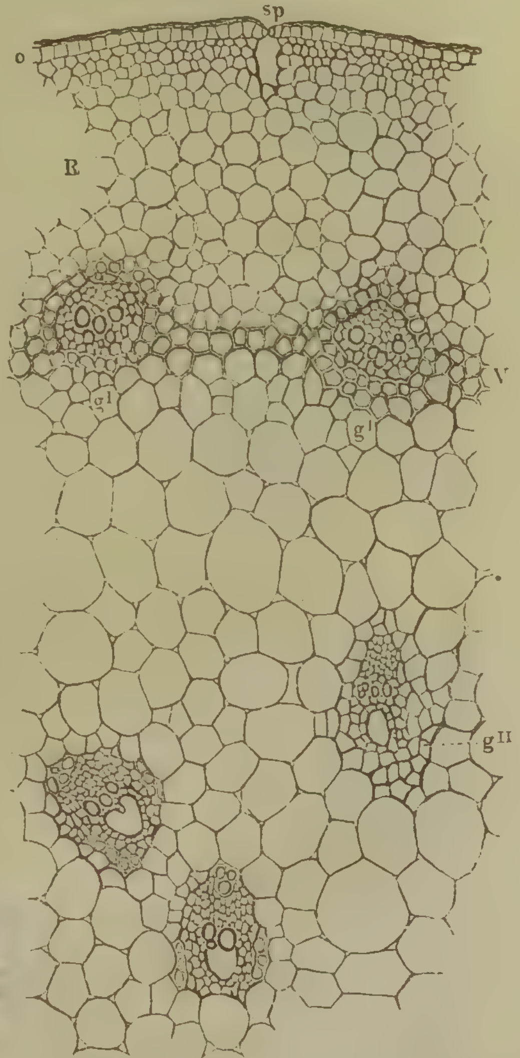
in einer bis zwei Reihen entwickelt ist (Tradescantia, Alpinia), bald eine bedeutendere Mächtigkeit besitzt (Aloe, Asparagus, Ruscus), und dann in

Fig. 214.



Theil eines Querschnittes durch den Stengel von Pothos lucida. *O* Oberhaut, *K* Kork, *R* Rinde, *M* Milchsaftgang, G^{I} äussere, G^{II} innere Gefässbündel. Vergr. 1 : 120.

Fig. 215.



Theil eines Querschnittes durch den Stengel von Tradescantia Selloi. *o* Oberhaut mit einer Spaltöffnung, *sp* *R* Rinde, *V* Verdickungsring mit den äusseren Gefässbündeln g^{I}; g^{II} innere Gefässbündel. Vergr. 1 : 75.

Fig. 216.



Theil eines Querschnittes durch den Stamm von Chamaedorea gracilis. *O* Oberhaut, *St* versetzte und verdickte Rindenparenchymzellen, *R* Rindengewebe, *VV* Verdickungsring mit Zwischengewebstrahlen und den äusseren Gefässbündeln, G^{I} G^{II} ein neues Gefässbündel. Vergr. 1 : 75.

Fig. 217.

Theil eines Querschnittes durch den Stamm von Dracae Draco. *O* Oberhaut, *K* Kork, *R* Rindengewebe, *Kr* Kr stallzellen, *VV* Verdickungsring, *G* ein neu entstanden Gefässbündel, G^{I} äussere, gefässlose Gefässbündel, innere Gefässbündel. Vergr. 1 : 75.

einzelnen Fällen durch von der Rinde ausgehende, abweichend gebaute, meist aus dünnwandigen isodiametrischen, porösen Zellen bestehende Parenchymstrahlen durchsetzt wird, welche sich weiter nach Innen mit dem Zwischengewebe der Gefässbündel vereinigen (Chamaedorea, Calamus, Geonema und wohl allen Palmen) und so gleichsam den Uebergang von dem zweiten zu dem ersten Fall vermitteln (Fig. 216 *V*). Dracaena und Yucca besitzen einen nicht verholzenden Verdickungsring, in dem nach Aussen sich noch längere Zeit hindurch neue bei aufmerksamer Beobachtung in allen Entwickelungsstadien aufzufindende Gefässbündel bilden (Fig. 217), welche zur Verdickung des Stammes beitragen. Alpinia nutans enthält in dem ausserhalb des geschlossenen und verholzten Verdickungsringes gelegenen, einen breiten Ring bildenden Parenchym zahlreiche, bis nahe unter die kleinzellige Oberhaut hinausrückende Gefässbündel, welche von den im Inneren gelegenen im Baue bedeutend abweichen.

Auf alle diese Verschiedenheiten ist bei einer vergleichenden Untersuchung Rücksicht zu nehmen. Ausserdem hat man dem Zellinhalte seine Aufmerksamknit zuzuwenden und namentlich auch darauf zu achten, ob sämmtliche Zellen der Rinde zu gewissen Zeiten Krystalle führen (Tradescantia, Comelina), oder ob sich nur einzelne krystallführende Zellen und in welcher Anordnung finden, endlich ob Krystalle verschiedener Form und in welcher Vertheilung (Tradescantia, Dracaena, Pandanus) dieselben angetroffen werden.

Die Gefässbündel, innerhalb deren sich, mit Ausnahme solcher Stengel, die im höheren Alter hohl werden, ein kaum als solches zu definirendes, nur unbedeutendes Mark findet, stehen vereinzelt innerhalb des allgemeinen wie jene aus dem Verdickungsringe hervorgegangenen, in manchen Fällen von mehr oder minder ausgedehnten Lufträumen unterbrochenen Stengelparenchyms, welches somit als Zwischengewebe aufzufassen ist, ohne eigentliche Bündelstrahlen zu bilden. In den äusseren, in der Regel innerhalb des Verdickungsringes gelegenen Gefässbündeln und den zunächst nach Innen folgenden macht sich eine kreisförmige Anordnung geltend; die weiter nach Innen gelegenen dagegen nehmen eine mehr unregelmässig zerstreute Stellung an.

Ueber den Bau der Gefässbündel ist weiter oben eingehend gehandelt worden, und ist auf diesen sowohl wie auf deren gegenseitige Stellung gegen- resp. deren Verbindung miteinander und mit den Blattorganen und die Structur des Zwischengewebes bei vergleichenden Untersuchungen vorzugsweise Rücksicht zu nehmen und das Auftreten von ausserhalb der Gefässbündel vorkommenden, eigenthümliche Säfte führende Behälter oder Krystalle enthaltenden Zellen zu beachten.

Um die Entwickelungsfolge der Gefässbündel und deren Verhältniss zu dem ganzen Aufbaue des Stammes zu studiren, ist das Seite 223 geschilderte Untersuchungsverfahren einzuschlagen, und sind vor Allem hierzu günstige Pflanzen auszuwählen, wie Asparagus, Ruscus, Smilax, viele Aroideen u. s. w.

5. Stamm der Dikotyledonen und Nadelhölzer.

In dem Stamme der genannten Gewächse tritt — selbst da, wo derselbe in seinem allgemeinen Baue, namentlich in der Anordnung der Gefassbündel, noch einige Aehnlichkeit mit jenem der Monokotyledonen zeigt — eine scharfe Trennung der verschiedenen Gewebe hervor, indem in der bei weitem grössten Zahl die Trennung von Aussen- und Innenrinde, Gefässbündel und Mark entschieden ausgesprochen erscheint.

Alle Dikotyledonen und Nadelhölzer besitzen in der Jugend eine wahre Epidermis mit Spaltöffnungen, welche oft schon im ersten Jahre, allein oder im Vereine mit einem Theile der Rinde und in manchen Fällen des Gefässbündels, durch die Bildung des Korkgewebes abgeworfen wird, hier und da aber auch bei Holzgewächsen sich lange Jahre, d. h. so lange erhält, als Stamm und Aeste die grüne Farbe behalten. Das Korkgewebe kann entweder in der Oberhaut selbst oder in der Rinde, und zwar in verschiedener Tiefe entstehen und je nach den verschiedenen Gattungen und Arten, bei denen es auftritt, eine verschiedene Structur beobachten lassen, worauf bei der Charakterisirung des histiologischen Baues bestimmter Pflanzen zu achten ist. Die hier in Betracht kommenden Verhältnisse sind bereits in dem vorhergehenden Abschnitte abgehandelt und brauche ich nur dahin zurückzuweisen.

Die Rinde — unter welcher ich nur den ausserhalb des Gefässbündels gelegenen Theil des Stengels verstehe, so dass die Unterscheidung in primäre und secundäre Rinde hinwegfällt — kann in verschieden mächtiger Masse entwickelt und in ihren inneren und äusseren Schichten nur aus gleichartigen oder auch, was häufiger ist, aus verschieden gebauten, in einen völlig geschlossenen Ring oder in einzelne, mehr oder minder ausgedehnte Bündel geordneten Zellen gebildet sein, so dass sich eine Aussen- und Innenrinde unterscheiden lässt. Ueber den Bau dieser beiden Rindenschichten ist bereits bei der Betrachtung der einfachen Gewebe gesprochen worden und sind dort auch alle jene Besonderheiten hervorgehoben, welche durch spätere Umbildungen von ursprünglichen Rindenparenchymzellen sowie durch das Auftreten von fremden Elementen, wie Bastfasern, Bast-, Milchsaftgefässen u. s. w., in der Innenrinde hervorgerufen worden und welche bei den einschlägigen Untersuchungen die Beachtung des Beobachters in Anspruch zu nehmen haben. Ausser diesen Punkten müssen die Vertheilung der verschiedenen Inhaltselemente: des Chlorophylls, des Stärkemehls, des Gerbstoffes u. s. w., das Vorkommen von eigenthümlichen Säften, Gummi, Oel, Milchsaft, Harz und der entsprechenden Behälter, der Krystalle, die Anordnung und der Bau der dieselben enthaltenden Zellen, die in einzelnen Gruppen, in senkrechten Reihen u. s. w. auftreten können, besonders ins Auge gefasst und die einschlägigen Beobachtungen durch die Anwendung der wesentliche Auf-

schlüsse gewährenden Reagentien, wohin namentlich das schwefelsaure Kupferoxyd in Verbindung mit Aetzkalilauge gehört, unterstützt werden.

Die Hauptpunkte, auf die es bei der Untersuchung von Oberhaut, Kork und Rinde ankommt, sind kurz zusammengefasst folgende:

1. Structur der Oberhaut und der dieselbe zusammensetzenden Zellen, nebst Bau, Vertheilung und Anordnung der Spaltöffnungen, sowie der etwa vorkommenden Anhangsorgane, Haare, Stacheln, Drüsen u. s. w.
2. Genaue Charakterisirung des Korkgewebes und Bestimmung des Ortes, wo dasselbe entsteht, sowie Feststellung derjenigen Theile, welche durch ihn von der Rinde oder dem Basttheile des Gefässbündels getrennt werden.
3. Das Fehlen oder Vorhandensein der deutlichen Trennung beider Rindenschichten und deren allgemeiner Bau. Dann:
4. Structur, Vertheilung und Zeit des Auftretens von den umgebildeten, ursprünglich normalen Elementarorganen, sowie von den fremden Gewebebestandtheilen.

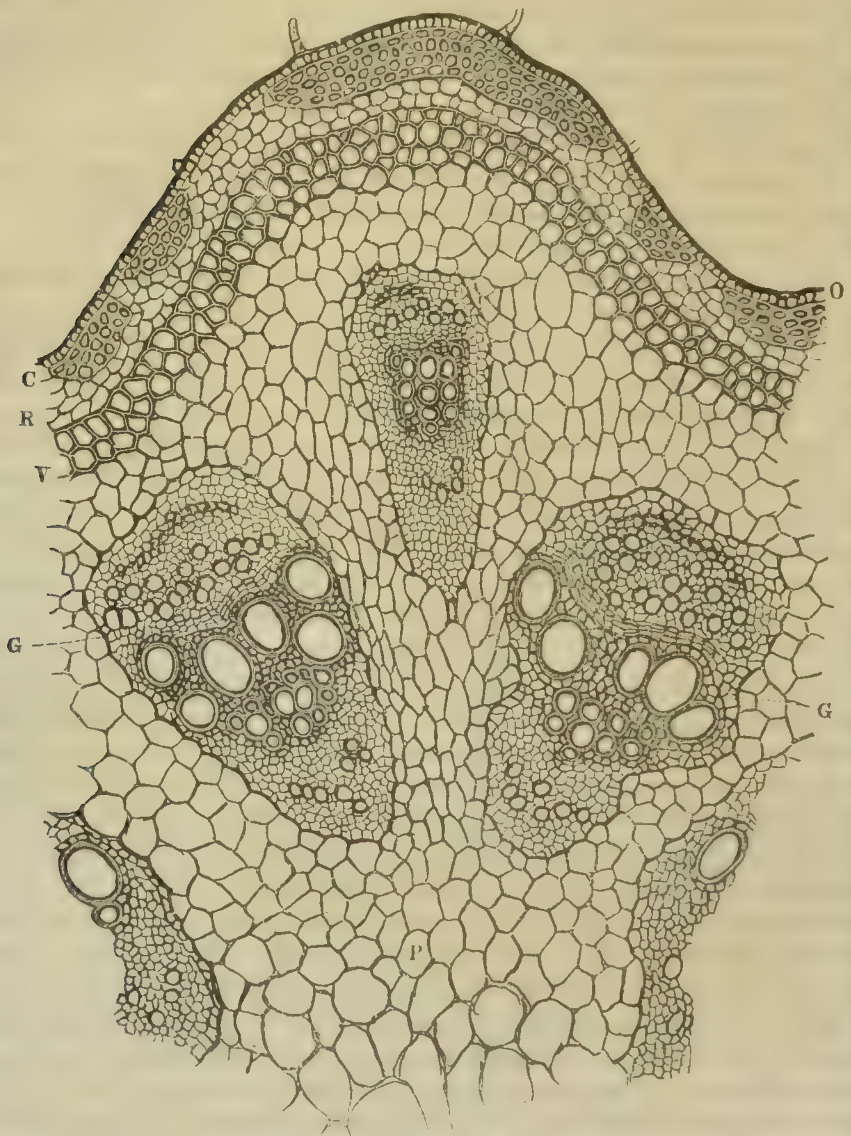
Dass für die vollständige Darlegung dieser verschiedenen Verhältnisse nicht etwa Schnitte durch einen einzigen Alterszustand des Stammes einer vorliegenden Pflanze genügen, leuchtet ein. Es müssen vielmehr, da wenigstens einzelne derselben sich im Laufe des langjährigen Pflanzenlebens erst heranbilden oder ändern, Präparate aus den verschiedensten Altersstufen der Beobachtung unterworfen werden.

Die Gefässbündel liegen in den normal gebauten Stengeln und Stämmen entweder vereinzelt in dem von der Rinde umschlossenen, und von dieser in der Regel — wie bei den Monokotyledonen — durch einen geschlossenen Ring (Cucurbita, Bryonia, Ranunculus, Chelidonium etc.) von verdickten und verholzten mehr oder minder faserähnlichen Parenchymzellen (Fig. 217 *V*) getrennten Zwischengewebe, oder sie bilden einen von schmäleren Zwischengewebestreifen, den Markrinden- und Bündelstrahlen, durchsetzten zusammenhängenden Hohlcylinder (s. Fig. 139 S. 256). Zur Charakterisirung ihres Baues muss neben der Untersuchung über Bau, Anordnung und Inhalt der einzelnen Elementarorgane, welche an der Zusammensetzung von Bast- und Holztheil sich betheiligen, sowie über das Verhältniss des Zwischengewebes zu diesen (S. 256, 274), noch die Beobachtung jener Verhältnisse hinzutreten, welche sich im Laufe der Entwickelung heranbilden. Hierher gehört namentlich die Beachtung derjenigen Verschiedenheiten, welche sich in Folge der jährlichen Wachsthumsperioden einfinden und welche den Bau der einzelnen Jahresringe von Bast und Holz bedingen.

In dem Basttheile des Gefässbündels treten in dieser Beziehung mannigfache Verschiedenheiten auf. Manche Holzgewächse entwickeln nur im ersten Jahre Bastfaserbündel, während später nur noch die beiden anderen Elementartheile, Bastgefässe und Parenchym sich aus dem Cambium entwickeln, während zugleich im letzteren Quertheilungen und eine starke Verdickung und Verholzung der so entstandenen, häufig unregel-

mässig ineinandergeschobenen Zellen mitwirkten (Fagus, Betula, Platanus, Abies, Larix, Auracaria, wo neben regelmässig alljähriger Fortbildung des Bastes ein Theil des älteren Bastparenchyms eigenthümliche Umbildun-

Fig. 218.



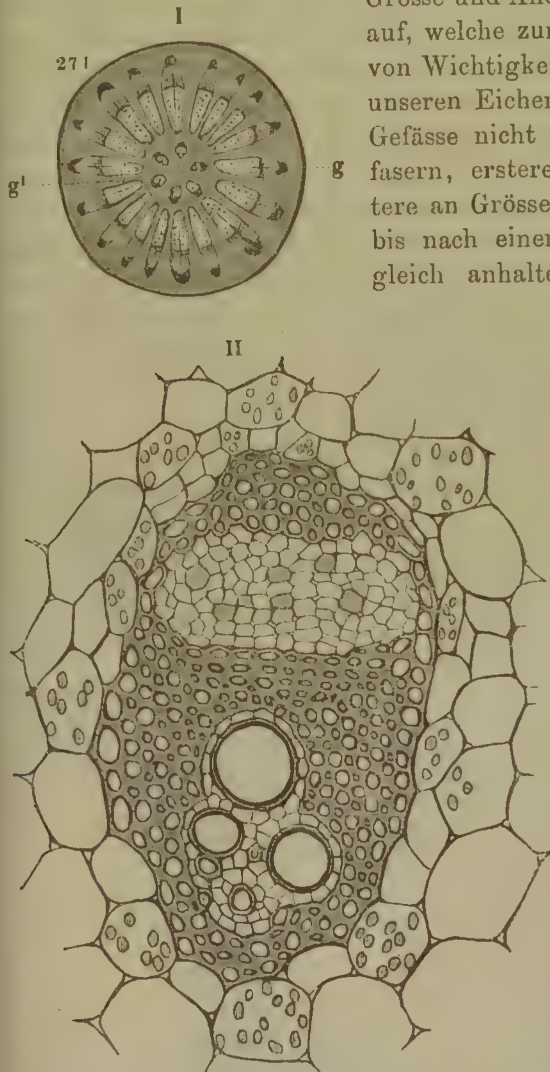
Theil eines Querschnittes durch den Stengel von Bryonia alba. *O* Oberhaut, *C* Aussenrinde (Cellenchym), *R* Innenrinde, *V* verholzter Verdickungsring, *P* Stengelparenchym, *G* Gefässbündel. Vergr. 1 : 80.

gen erleidet, aus denen die weiter oben erwähnte eigenthümlich verzweigte und verholzte Zellenform hervorgeht). Bei anderen entstehen alljährig alle drei Zellenarten des Bastes mit einer verschiedenartigen Anordnung der Bastfasern, welche in den späteren Jahresschichten bei Corylus, Aescu-

lus, Larix, Auracaria ohne bestimmte Ordnung nur in einzelnen Individuen oder Gruppen auftreten, bei den Cupressineen und Taxineen einfache, bei Tilia, Quercus, Populus, Liriodendron u. a. mehrreihige tangential geordnete Gruppen oder Bänder bilden.

In dem Holztheile sind es besonders die ersten Jahresringe, welche sich von den folgenden mehr gleichmässig gebauten unterscheiden. Namentlich unterscheidet sich der erste Jahresring durch das Vorhandensein der Spiralgefässe sowie durch die mehr gleichmässige Ausbildung aller Theile von allen folgenden. In ihm, wie in den zunächst älteren, treten aber ausserdem noch Verschiedenheiten in Bezug auf die Grösse und Anordnung der Elementarorgane auf, welche zur Charakterisirung des Holzes von Wichtigkeit sind. So nehmen z. B. bei unseren Eichen, Buchen, Eschen u. s. w. die Gefässe nicht nur, sondern auch die Holzfasern, erstere namentlich an Grösse, letztere an Grösse und Stärke der Zellhülle zu, bis nach einer gewissen Reihe von Jahren gleich anhaltende Ausmessungen erscheinen. Wo die verschiedenen Zellenformen eine genau bestimmte Anordnung in den verschiedenen Theilen des Jahresringes beobachten lassen, wie das weiter oben erörtert wurde, da tritt dieses Verhältniss in dem ersten oder den paar ersten Jahresringen entweder ganz zurück oder doch nur in verhüllter Weise auf (Quercus, Robinia, Catalpa Caesalpinia, Tilia u. s. w.).

Fig. 219.



I. Querschnitt durch den Stengel einer holzigen Piperrat; *G* normale Gefässbündel, *G'* isolirte Gefässbündel im Marke. Vergr. 1 : 5. — II. Desgleichen durch eines der letzteren Gefässbündel. Vergr. 1 : 150.

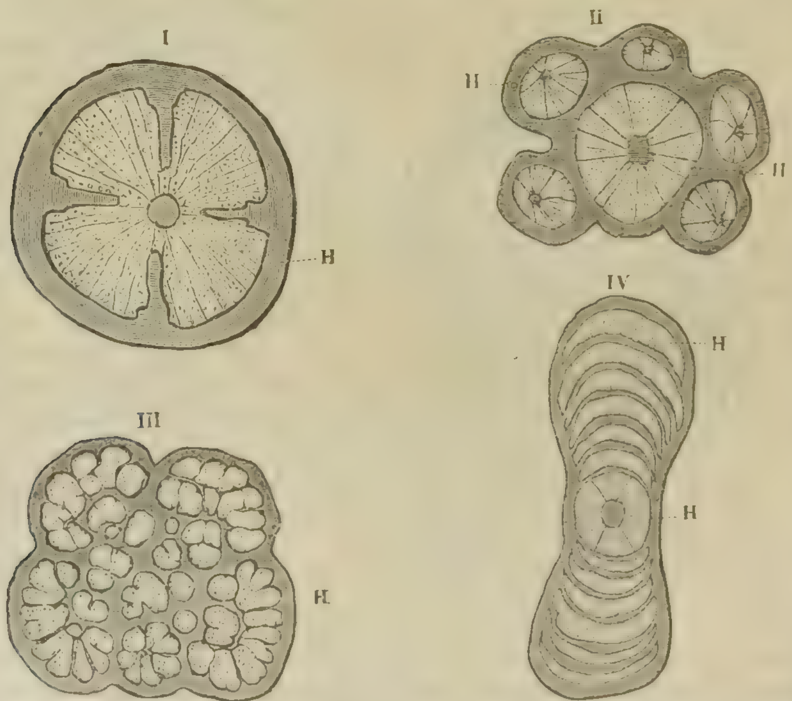
Innerhalb des geschlossenen Gefässbündelkreises finden sich isolirte markständige vollständige, mit dem Basttheile nach der Rindenseite, mit dem Holztheile nach dem Marke gewendete Gefässbündel — über die markständigen Bastbündel wurde schon S. 145 u. 252 gesprochen — in den Familien der Piperaceen, Begoniaceen, sowie (nach Sanio) bei den Umbelliferen,

Araliaceen und Melastomaceen (Fig. 219 I. u. II.), während bei Tecoma radicans ein innerhalb der Markscheide gelegener Cambiumring nach Aussen hin die Elemente des Holzes, nach dem Centrum des Stammes aber die Elemente des Bastes erzeugt.

Inwieweit gleiche oder ähnliche Structurverhältnisse auch bei noch anderen Familien auftreten, muss die vergleichende Histiologie zu ermitteln suchen und möchte bei derartigen Untersuchungen nicht zu unterlassen sein, besonders hierauf zu achten.

Einen völlig abnormen Bau zeigen die Stämme der tropischen Schlingpflanzen, der Bignonien, Sapindaceen, Menispermeen, mancher Ipomaeen etc. wo der Holztheil des Gefässbündels in wunderlicher Weise bald mehr, bald weniger mittelst Bastringen oder Bastblättern, hier und da wohl auch mittelst Rindengewebes zerklüftet erscheint (Fig. 220 I.), oder mehrere ein mehr oder minder excentrisches Mark einschliessende, durch Bast und Rindenparenchym voneinander getrennte Holzkörper den Stamm bilden (Fig. 220 II. bis IV.). Hier muss über das Verhältniss dieser verschiedenen Gewebetheile zueinander die Entwicklungsgeschichte die Daten zum richtigen Verständniss an die Hand geben. Ich beschränke mich daher darauf, einige die Haupttypen dieser Abnormitäten wiedergebende Abbildungen anzufügen und das Studium der Heranbildung dieser Abnormitäten allen denen zu empfehlen, denen das Material hierzu erreichbar ist.

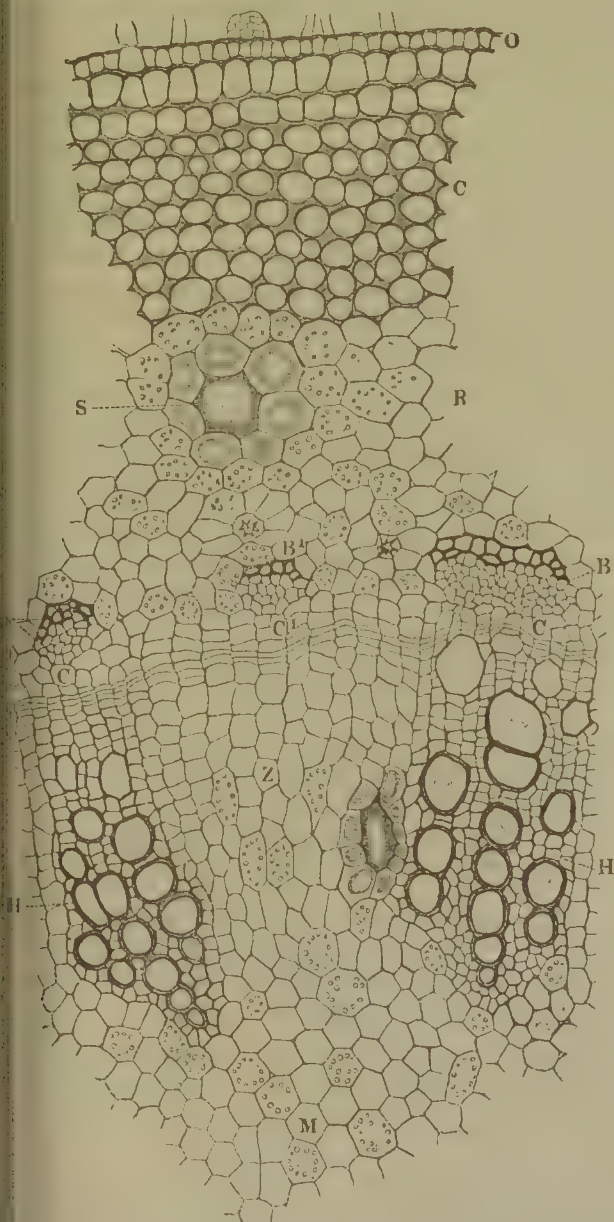
Fig. 220.



Querschnitt des Stammes: I. von Bignonia, II. von Serjania, III. von Ipomaea, IV. von Caulotretus.

Das Mark nimmt den mittleren Theil des Stammes ein und erscheint nur bei ungleichseitigem, durch äussere Einflüsse bedingtem, oder bei in gewissen Organisationstypen (s. o.) begründetem Wachsthum mehr oder minder excentrisch. Dasselbe besteht, wie wir bereits früher gesehen haben, aus Parenchym, welches in der Regel nur geringe secundäre Verdickungsschichten beobachten lässt, bei manchen Pflanzen aber auch stärker verdickt erscheint. Die Gesichtspunkte, welche bei der Untersuchung dieses Stammtheiles maassgebend sind, wurden bereits weiter oben eingehender behandelt; hier bleibt nur noch zu erwähnen, dass in einzelnen Fällen ein Theil des Markes resorbirt wird, wodurch die einschlägigen Pflanzen einen hohlen Stengel oder Stamm erhalten (Clematis, Ceratophyllum, Scorzonera, Sonchus u. s. w.).

Fig. 221.



Querschnitt durch ein junges Internodium von Boehmera argentea. *O* Oberhaut, *Co* Collenchym, *R* Innenrinde, *S* Saftgang, *C* Cambium der Gefässbündel, *C*¹ aus dem Verdickungsring später entstandenes Cambium, *B* Basttheil, *H* Holztheil der primären Gefässbündel, *B*¹ der aus dem Zwischencambium entstandene Bast, *Z* Zwischengewebe, *M* Mark. Vergr. 1 : 120.

Rinde und Mark gehen direct aus dem Urparenchym des Vegetationskegels hervor. Das Korkgewebe bildet sich aus einem in der Rinde erst später sich entwickelnden Bildungsgewebe. Die Gefässbündel sammt dem Zwischengewebe nehmen ihren Ursprung in einem aus dem Urparenchym durch Zellentheilung sich entwickelnden Bildungsgewebe, dem Verdickungs-

ringe, in dem sich durch vorwiegende Längstheilung zunächst einzeln getrennte Gruppen von Cambiumzellen heranbilden, denen ihrerseits die Gefässbündelelemente ihr Entstehen verdanken. Je nachdem nun das Cambium auf diese einzelne Bündel mit beschränktem Wachsthum beschränkt bleibt und die übrigen Zellen des Verdickungsringes nur parenchymatische Zellen bilden, welche am Schlusse der Vegetationsperiode verholzen, oder die durch tangentiale Theilungen vermittelte Umbildung des Verdickungsringes sich über weitere Grenzen erstreckt, so dass der grössere Theil desselben in gefässbündelbildendes Gewebe umgewandelt und ein mit dem Cambium der ursprünglichen Gefässbündel in seitliche Verbindung tretender **Cambiumring** erzeugt wird, der nach der Rindenseite hin die Elemente des Bastes, nach der Markseite hin die Elemente des Holzes und nur an mehr oder minder beschränkten Stellen Zwischengewebe erzeugt, erscheinen isolirte und geschlossene Gefässbündel oder ein fortbildungsfähiger stammverdickender Gefässbündelring (Fig. 221 *C*, *C'*, *C*).

Zur Verfolgung der Entwickelungsgeschichte dieser Organisationsverhältnisse wähle man theils Pflanzen mit gegenständigen, theils solche mit wechselständigen Blättern, und versäume dabei nicht, an passend hergerichteten Präparaten, d. h. an Längsschnitten, von entsprechender Dicke, welche oft geradezu aus den Hälften der betreffenden Internodien bestehen und eventuell durch Behandlung mit Aetzkalilösung durchsichtig gemacht werden können, den Verlauf und die Verbindung der Gefässbündel untereinander von ihrem frühesten Auftreten an zu studiren.

II. Die Wurzel.

1. Wurzel der Kryptogamen.

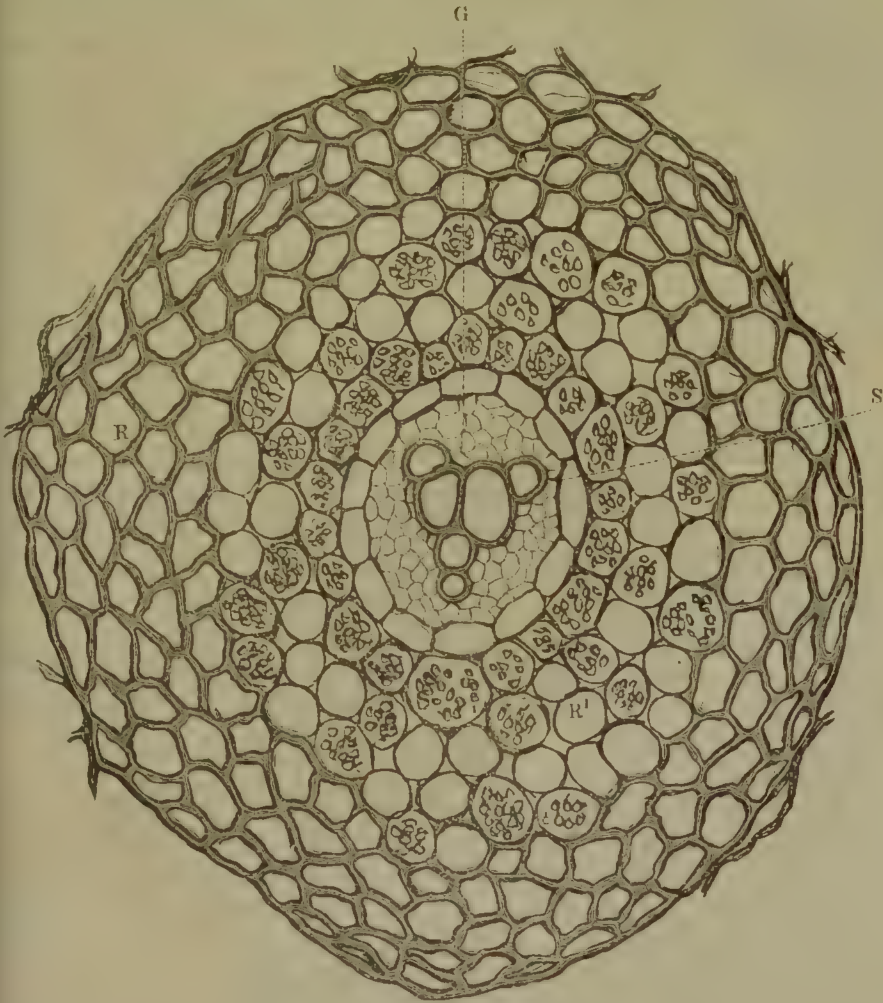
Die ächte Wurzel erscheint erst bei den Gefässkryptogamen. In den niederen Classen der Sporenpflanzen treten an deren Stelle einzellige Wurzelhaare, welche von einzelnen Zellen der Oberhaut des Lagers der Flechten oder des Stengels der Laub- und Lebermoose ausgehen.

Im Allgemeinen zeigt der histiologische Bau der Kryptogamenwurzel eine ziemliche Uebereinstimmung und treffen die Verschiedenheiten meistens die Wurzelrinde.

Wurzel der Schachtelhalme (Fig. 222). — Die Wurzel der Schachtelhalme besitzt eine mit zahlreichen braungefärbten Wurzelhaaren versehene, aus dünnwandigen, braun gefärbten, vertrocknenden Zellen bestehende Oberhaut, welcher, wie der Wurzeloberhaut überhaupt, die Spaltöffnungen abgehen. Unter der Oberhaut, die im höheren Alter oft zerstört wird, liegen mehrere Reihen in der Regel etwas stärker verdickter, dunkelbraun gefärbter Parenchymzellen, von denen die äussere

inhaltleer sind, die inneren aber Stärkemehl führen und in das weniger oder nicht gefärbte zartwandigere, stärkemehlreiche Innenparenchym übergehen. Auf diese Weise erscheint das Rindengewebe in Aussen- und Innenrinde geschieden. Das Gefässbündel nimmt die Mitte der Wurzel ein und besteht entweder aus einem oder mehreren Spiralgefässen, von denen die inneren eine bedeutendere Weite erreichen. Ausser diesen

Fig. 222.



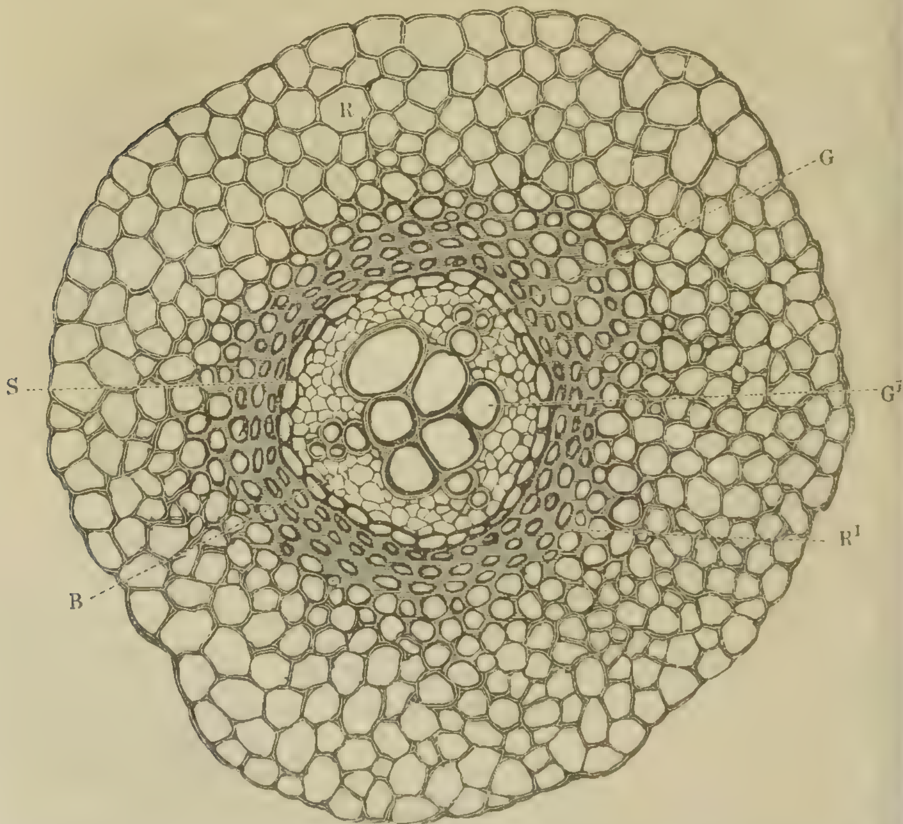
Querschnitt durch die Wurzel von Equisetum limosum. *G* Gefässbündel, *S* Gefässbündelscheide, *R* Aussenrinde, *R*' Innenrinde. Vergr. 1 : 200.

Elementen erscheinen in deren Umgebung noch zartwandigere Zellen von kleinerem Lumen als die Rindenzellen, aber unter sich an Weite verschieden. Letztere sind die Elemente des Bastes und es lassen sich dieselben als Parenchymzellen und Baströhrenzellen (Siebröhren) unterscheiden. Von dem Rindenparenchym wird das Gefässbündel durch eine Lage tangential etwas gestreckter Zellen geschieden, welche die Bündelscheide bildet.

Wurzel der Bärlappgewächse. — Die Wurzel dieser Pflanzenclasse, in der sich zwei verschiedene Rindenparenchymschichten als Aussen- und Innenrinde darstellen, besitzt gleich dem Stengel ein centrales nur aus wenigen Gefässen, Bastparenchymzellen und Bastgefässen gebildetes Gefässbündel, das nächst der Gefässbündelscheide unmittelbar von dem zartwandigen, kleinzelligen Rindenparenchym umschlossen wird, dem also die entweder aus dickwandigen Zellen, oder aus einem lockeren Schwammgewebe bestehende äussere Bündelscheide abgeht. Die Oberhaut entsendet hier ebenfalls Wurzelhaare, welche ungefärbt sind und eine zartwandige Beschaffenheit besitzen.

Wurzel der Farrnkräuter (Fig. 223). — Die Oberhaut ist hier theils einreihig, theils über den ganzen Umfang oder nur an einzelnen Stellen

Fig. 223.



Querschnitt durch eine Wurzel von Alsophila australis. *G* Spiralgefässe, *G*' weite Treppengefässe, *B* Basttheil des Gefässbündels, *S* Gefässbündelscheide, *R* Aussenrinde, *R*' Innenrinde. Vergr. 1 : 200.

mehrreihig und besteht aus dünnwandigen, braungefärbten Zellen. Dieselbe besitzt zahlreiche, derbwandige, mehr oder minder dunkelgelb bis

braun gefärbte Wurzelhaare. Die Rinde ist bei verschiedenen Gattungen und Arten verschieden gebaut, zeigt aber im Allgemeinen drei Typen. Es treten nämlich entweder, wie bei Cyathea, Balantium, unter der Oberhaut mehrere Reihen von mehr oder minder dickwandigen, faserartigen, gefärbten und dann in der Nähe des Gefässbündels von dünnwandigen, häufig gefärbten Parenchymzellen auf, oder es folgen auf wenige Reihen eines dünnwandigen gefärbten Parenchyms mehre concentrische Lagen dickwandiger faserartiger Zellen, welche das Gefässbündel einschliessen (Alsophila Aspidium, Polypodium, Fig. 223), oder endlich es ist das ganze Gewebe nur aus dünnwandigen Zellen gebildet, welche hier und da bis in die unmittelbare Umgebung des Gefässbündels dunkelbraun gefärbte Wände besitzen (Asplenium Trichomanes, Blechnum brassiliense etc.). Das Gefässbündel nimmt die Mitte der Wurzel ein und wird von einer deutlich erkennbaren Gefässbündelscheide umgeben. Dasselbe besteht aus nur wenigen, 3 bis 10 Gefässzellen, welche ihrerseits von dem aus im Winter reichlich Stärke führenden Parenchymzellen und eine nur wenig trübe Flüssigkeit enthaltendenden Bastgefässen bestehenden Basttheile umgeben werden.

Wurzel der Rhizocarpeen. — Die Wurzel der Rhizocarpeen besitzt eine grosszellige, leicht vertrocknende und zerreissende, hellgelbe Wurzelhaare aussendende Oberhaut. Unter dieser treten eine bis wenige Reihen mässig verdickter, braun gefärbter Parenchymzellen mit kleinem Lumen auf, welche dann mehr allmälig oder mehr plötzlich in einen mehrreihigen Hohlcylinder von stark verdickten, braun gefärbten Zellen übergehen. Letzterer umschliesst das, von ihm durch eine zarte Bündelscheide getrennte, centrale Gefässbündel, welches aus einem oder zwei grösseren und einigen diesen zur Seite gestellten Gefässzellen und einem peripherischen Basttheile besteht.

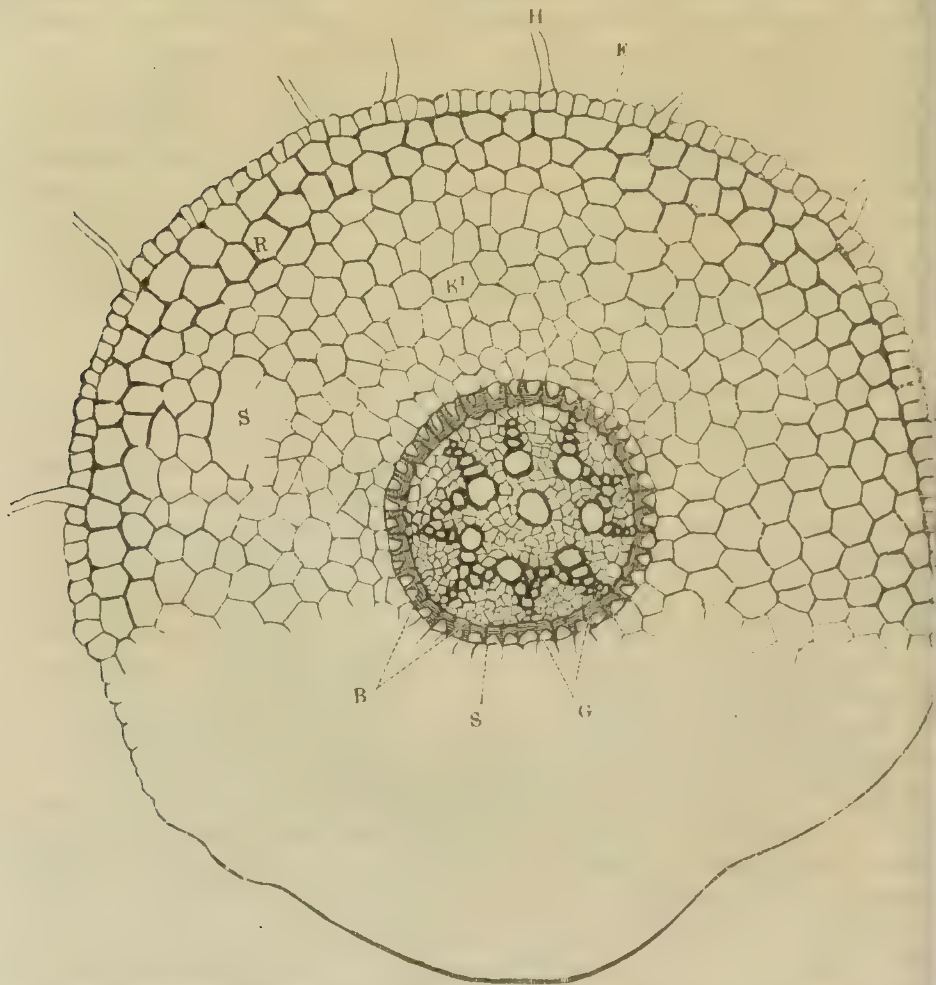
Im Allgemeinen betrachtet ergibt sich nur für die Schachtelhalme und Farrenkräuter ein grösserer Unterschied zwischen dem Baue des Stengels und der Wurzel zu erkennen, indem dort mehrere zerstreute, hier nur ein einziges centrales, bei den Schachtelhalmen ausserdem des Luftganges ermangelndes Gefässbündel auftreten. Bei den Bärlappen und Rhizocarpeen dagegen ist die Stellung der Gefässbündel in Stengel und Wurzel die gleiche, und es unterscheiden sich dieselben nur in der Form. Hier bilden nämlich die Gefässe überall einen ununterbrochenen Strang, während sie dort bei den ersteren in mehrere Bänder oder Gruppen geordnet sind, bei den anderen in einem nicht völlig geschlossenen, ein Mark umschliessenden Cylinder (im Stengel) oder in zweien, mit der convexen Seite einander zugekehrten, Bogen (im Fruchtstiel) beisammenstehen.

Die Entwicklungsgeschichte sowohl wie die Betrachtung des fertigen Organs gewähren die Ueberzeugung, dass die Entwicklungsfolge der Gefässe sämmtlicher Gefässkryptogamen eine von einigen (zwei bis vier) Punkten aus beginnende (siehe Fig. 223) centripetal fortschreitende ist.

2. Wurzel der Monokotyledonen.

Die Oberhaut der monokotyledonen Wurzel besteht theils aus einse[i]tig (Gräser etc.), theils aus gleichmässig verdickten Zellen. Sie treib[t] meist zahlreiche Wurzelhaare und wird oft im späteren Alter durch Kork[k]bildung abgeworfen.

Fig. 224.



Querschnitt durch eine dünne Wurzel von Iris florentina. *E* Epiblema, *H* Haare desse[l]ben, *R* Aussenrinde, *R'* Innenrinde hier und da mit Luftlücken, *S S* Gefässbündelscheid[e], *G* Gefässe, *B* Bastgruppe. Vergr. 1 : 100.

Die Rinde bildet eine ziemlich mächtige Lage des Organes. Sie be[-]steht aus dünnwandigem Parenchym, dessen Zellen entweder sämmtlic[h] polygonal bis rundlich gestaltet sind (Smilax), oder in den äussere[n] Schichten eine polygonale, in den inneren aber eine rechteckige b[i-]

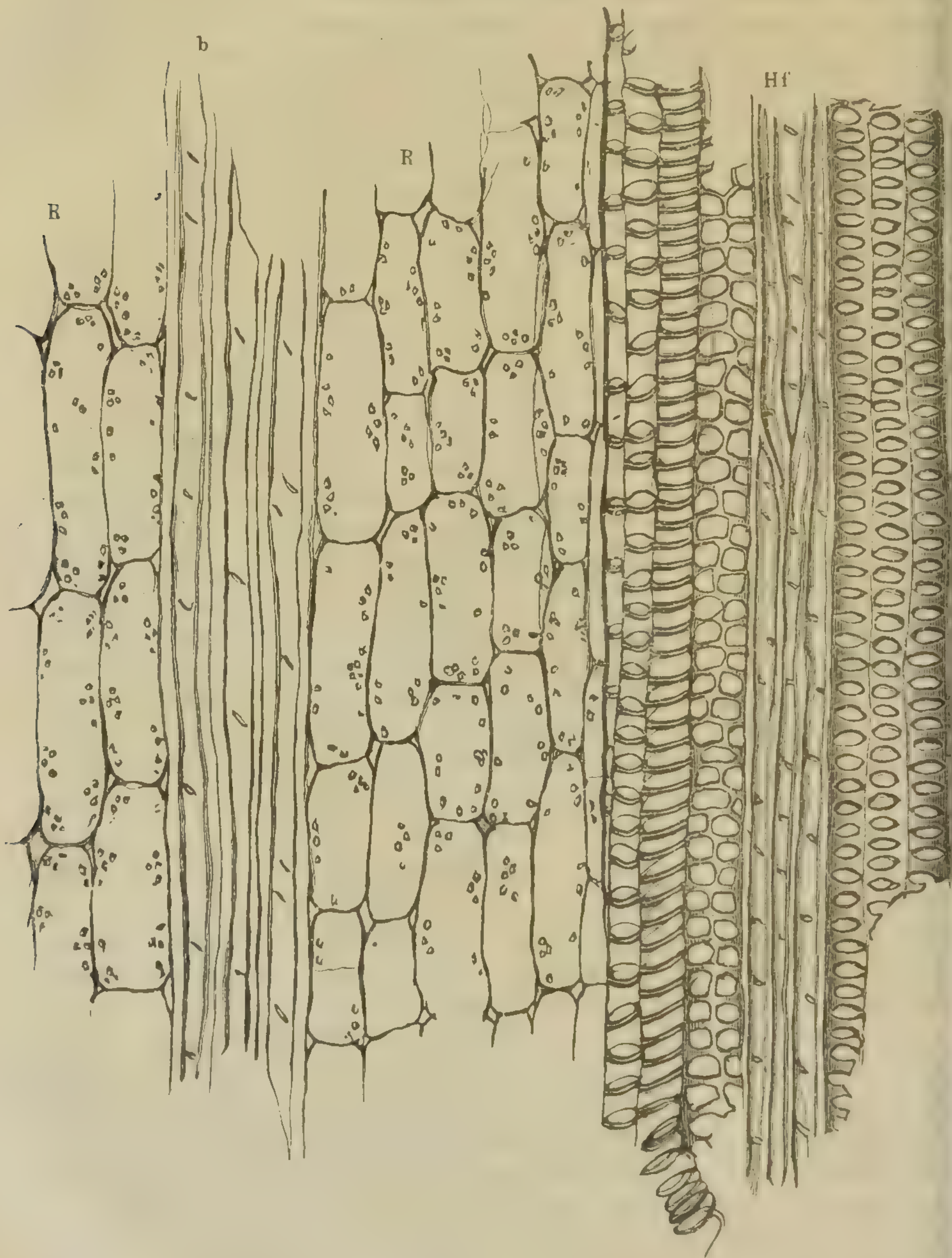
quadratische Form (Anthurium, Musa u. s. w.) besitzen. Die Scheidung in Aussenrinde tritt in den meisten Fällen deutlich hervor. Nur hier und da, z. B. bei Anthurium, finden sich in diesem Gewebe mehr oder minder zahlreiche Bastbündel ein, bei denen einige der zartwandigen Elemente oder ein von kleinen Parenchymzellen umgebener Milchsaftgang von einem Kreise von Fasern eingeschlossen werden. Innerhalb der Rinde tritt bei jenen Pflanzen mit gleichartiger Rinde eine aus abweichend gebauten, entweder nicht verdickten (Orchideen, Luftwurzeln) oder einseitig (Dracaena, Iris) bis allseitig verdickten (Smilax, Palmen), verholzten und gestreckten, die durch Caspary bekannt gemachte Streifung (durch Faltung) auf den tangentialen Seitenwänden zeigenden Zellen gebildete Gefässbündelscheide auf (Fig. 224 *S*), unter der sich noch hier und da (Iris, Smilax, Luftwurzel der Orchideen) eine oder einige Reihen dünnwandigen Parenchyms einfinden. Wo die inneren Rindenlagen den oben beschriebenen abweichenden Bau beobachten lassen, da fehlt die scharfe Ausprägung der Scheide und dürfte vielleicht jene als deren Ersatz zu betrachten sein.

Das Gefässbündel bildet, soweit meine Erfahrungen reichen, bei den Monokotyledonen immer einen geschlossenen, ein in geringerer oder bedeutenderer Ausdehnung entwickeltes Mark einschliessenden Hohlcylinder, der nur an seiner inneren Seite mehr oder weniger tief von Zwischengewebe durchsetzt wird (Fig. 224). Die Gefässe stehen in mehr oder minder regelmässig radial geordneten, hier und da an ihrem Ende gabelförmig getheilte Reihen. Dieselben sind am weitesten nach Innen porös oder auch netzförmig verdickt und werden von den faserigen Elementen des Holzkörpers voneinander getrennt. Nach Aussen werden sie enger, besitzen mehr oder minder stark in die Quere gezogene, behöfte Poren oder Netzmaschen und gehen endlich an der äussersten Grenze in sehr enge Spiral- und Ringgefässe über (Fig. 224). Zwischen je zweien der Gefässreihen tritt je ein Bastbündel auf, welches nach Innen aus weiten mit wenigen Parenchymzellen untermischten Bastgefässen, nach Aussen aus engen Parenchymzellen und engen Bastgefässen zusammengesetzt erscheint, an der äussersten Grenze des Bastbündels treten auch hier und da (Luftwurzeln der Aroideen) einzelne Bastfasern auf (Fig. 225 *b* a. f. S.). Die Entwicklungsfolge der Gefässe ist hier, wie aus dem eben Gesagten hervorgeht, gleichfalls eine centripetale.

Bei einer vergleichenden Untersuchung des Wurzelbaues der Monokotyledonen hat man sein Hauptaugenmerk auf die Structur der Rinde zu richten, und zu erforschen, ob deren Gewebe aus gleichartig oder verschiedenartig gebauten Parenchymzellen besteht, ob darin Bastbündel, Behälter eigenthümlicher Säfte u. s. w. auftreten oder nicht. Ebenso hat man das Vorhandensein oder Fehlen einer aus abweichend gebauten Zellen bestehenden verholzten Gefässbündelscheide zu ermitteln und den Bau der sie zusammensetzenden Zellen zu studiren. Für das Gefässbündel endlich sind die Anordnung der Gefässe und der Bastbündel sowie die Verdickungsweise der einzelnen an seiner Zusammensetzung

theilnehmenden Elemente zu constatiren. Quer- und Längsschnitte in Verbindung mit der Beobachtung von den einzelnen durch Maceration isolirten Zellenformen werden hier die erforderlichen Aufschlüsse gewähren.

Fig. 225.



Längsschnitt aus der Wurzel von Pothos spci. *R R* Rindenparenchym, *b* Bündel von Bastfasern. *Hf* Holzfasern. Vergr. 1 : 200.

3. Wurzel der Dikotyledonen.

Die Oberhaut, welche hier anfänglich immer vorhanden und aus zartwandigen Zellen gebildet ist, wird schon ziemlich bald durch Korkbildung abgeworfen, welche im Ganzen mit dem gleichen Processe im Stamm übereinstimmt. Die Rinde zeigt gleichfalls in ihrem Bau viele Aehnlicheit mit dem des Stammes. Manchmal lässt sich eine äussere dem Callenchym dieses letzteren ähnliche und eine innere aus dünnwandigen, auf dem Querschnitt rundlichen, einen grossen Intercellularraum zwischen sich lassenden oder aus polygonalen Zellen bestehende Schicht beobachten, während in anderen Fällen das ganze Gewebe mehr gleichmässig ausgebildet ist. Wo der Stengel fremde Elemente, Bastfasern, Milchsaftgefässe, Oel-, Gummi- oder Harzgänge in der Rinde aufgenommen hat, da treten dieselben in der Regel auch in der Rinde auf. So bei den Cichoriaceen, den Umbelliferen, den Nadelhölzern, Cykadeen. Auch die Inhaltselemente bleiben im Grossen und Allgemeinen dieselben.

Das Mark ist in jüngeren Zuständen immer vorhanden und erhält sich bei manchen, namentlich den Holzgewächsen, auch im höheren Alter. Dasselbe ist indessen in letzterem Falle immer nur in verhältnissmässig geringer Masse entwickelt und besitzt meist eine von der des Stengelmarkkörpers abweichende, oft bandartige oder unregelmässige Gestalt. Bei anderen, namentlich krautartigen Gewächsen verschwindet das Mark ziemlich früh und wird vermöge eines eigenthümlichen, weiter unten näher zu betrachtenden, Wachsthumsprocesses der Gefässbündel durch die Elemente des letzteren verdrängt.

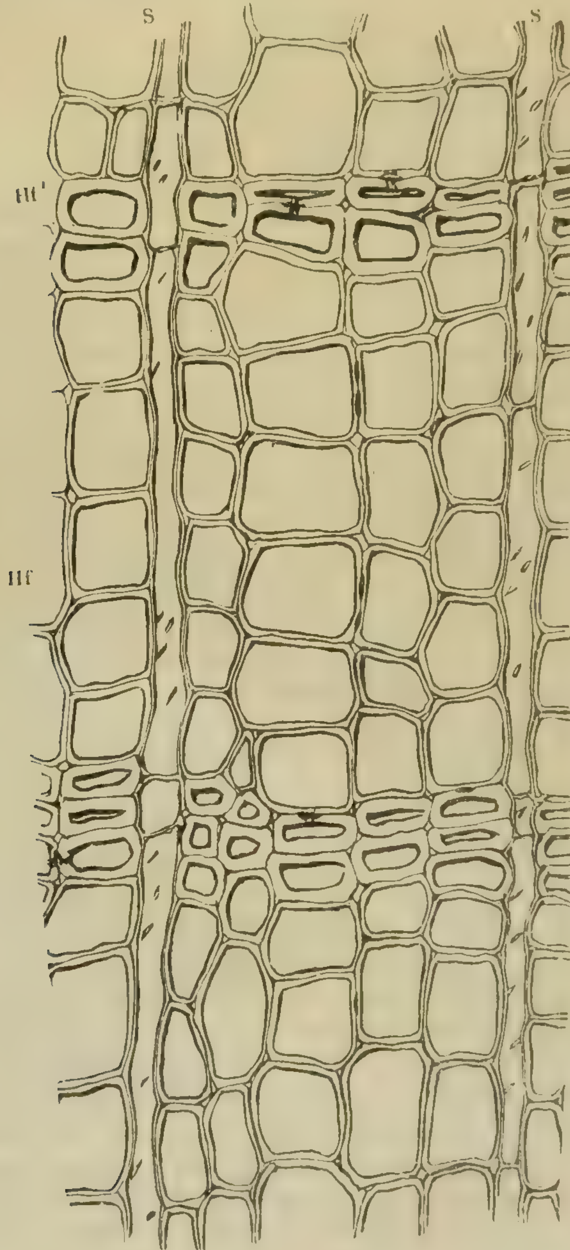
Auch hier findet sich bei gewissen Pflanzen (Ranunculus, Achillea und anderen) zwischen der Rinde ein Ring von abweichend gebauten, seltener stark verdickten, auf den radialen Wandungen die dunkeln Streifen zeigenden Zellen, die Gefässbündelscheide (Fig. 228 u. 229), ein, über dessen Verbreitung es noch ausgedehnterer Untersuchungen bedarf.

Bei denjenigen Dikotyledonen, welche im Stamm getrennte Gefässbündel besitzen, zeigen die Gefässbündel eine ganz ähnliche Anordnung, wie bei den Monokotyledonen, d. h. es bilden die Gefässe radiale Reihen, zwischen denen das Bastbündel gelagert erscheint (Fig. 229).

Bei den übrigen zweisamenlappigen Gewächsen, namentlich bei den Holzarten, schliessen die Gefässbündel dagegen zu einem geschlossenen Ringe zusammen, der im Ganzen den gleichen Bau zeigt wie im Stamme. Die Unterschiede, welche hier auftreten, bestehen darin, dass zunächst die Elementarorgane sowohl des Holz- wie des Basttheiles an Weite des Lumens den gleichen Zellenarten im Stengel in der Regel weit überlegen sind (Fig. 226 a. f. S.). Ferner werden die Jahresringe, welche sich ausserdem hier oft einseitig an Breite vermindern, im Durchmesser, namentlich der jungen Wurzeltheile weit schmäler als die des Stammes. Daraus

aber ergibt sich eine abweichende Entwickelung in deren einzelnen Theilen, so dass namentlich der äussere oder auch dieser und der mittlere

Fig. 226.



Querschnitt durch das Wurzelholz von Abies pectinata an einer Stelle mit mittelbreiten Jahresringen. *SS* Bündelstrahlen, *Hf* Frühlingsholz, *Hf*[1] Herbstholz. Vergr. 1 : 180.

Theil ganz oder nahezu wegfallen, während der innere Theil, das sogenannte Frühlingsholz, vorzugsweise und allein ausgebildet erscheint,

womit denn auch natürlich eine Aenderung in den relativen Zahlen- und Stellungsverhältnissen der verschiedenen an der Zusammensetzung theilnehmenden Elementarorgane des Holzkörpers verbunden ist (Fig. 227) *).

Fig. 227.

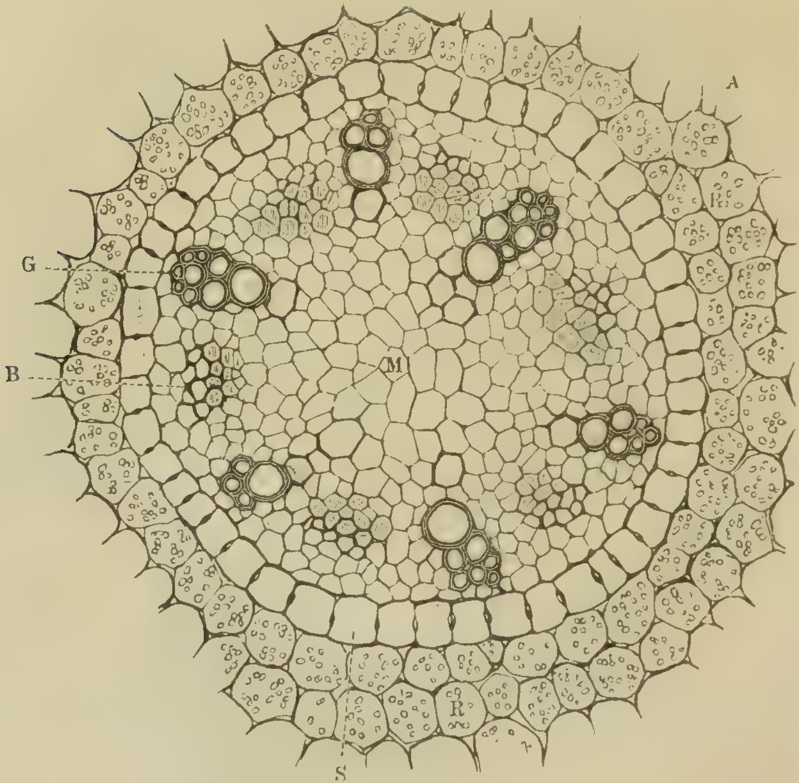


Querschnitt durch einen Jahresring der Wurzel von Quercus robus. *G G* Gefässe, *Hf* Holzfasern, *Hp* Holzparenchym, *S S* Bündelstrahlen. Vergr. 1 : 280.

*) Vergl. auch die Fig. 121 S. 233 und Fig. 145 S. 263.

Auf die Unterschiede, wie sie sich für einzelne Gattungen und Arten der dikotyledonen Holzgewächse ergeben, kann hier nicht näher eingegangen werden. Bei einer vergleichenden Charakteristik der Holzarten sind alle derartige Einzelheiten im Bau des Holzes von Stamm, Ast und Wurzel, welche in manchen, namentlich auch technischen Beziehungen von Wichtigkeit werden, in Betracht zu ziehen. Neben der Beobachtung von passenden Schnitt- und Mazerationspräparaten hat man dann auch

Fig. 228.



Querschnitt durch eine junge Wurzel von Ranunculus acre. *G* eben angelegte Gefässgruppen, *B* junge Bastbündel, *S* Gefässbündelscheide, *R* Rindenparenchym, *M* Mark. Vergr. 1 : 200.

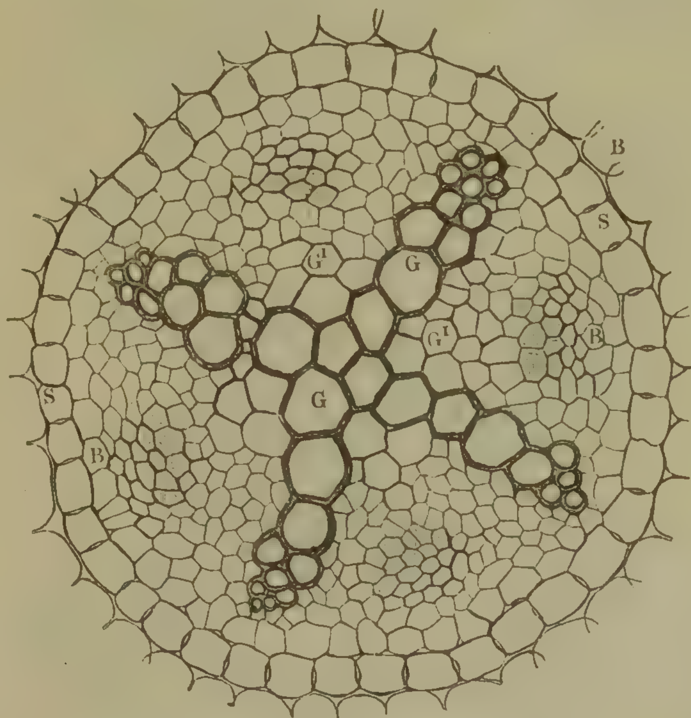
vergleichende Messungen der Jahresringe im Ganzen, wie der einzelnen Zellenarten vorzunehmen.

Wo das Mark der Wurzel in höherem Alter von den Elementen des Gefässbündels verdrängt wird, da beruht dieses Verhältniss auf der eigenthümlichen Ausbildung dieses letzteren in der ersten Wachsthumsperiode.

Die Gefässbündel entstehen nämlich auch hier wie im Stamme getrennt; es schreitet aber die weitere Entwickelung nach dem Centrum fort, so dass dergleichen Wurzeln in den ersten Stadien ein Bild zeigen,

wie Fig. 228. Sobald die ersten Gefässbündel ihre Holztheile, welche auf dieser Stufe vorzugsweise aus Gefässen bestehen, bis in oder nahe an das Centrum vorgeschoben haben, wobei also das Mark entweder gänzlich verschwindet oder in geringem Umfange erhalten bleibt, tritt zwischen ihnen eine Neubildung von Cambiumbündeln auf, aus denen sich der Gefässbündelkreis dann in der normalen Weise weiter bildet, indem die neu entstehenden Elemente desselben zugleich die ursprünglich

Fig. 229.



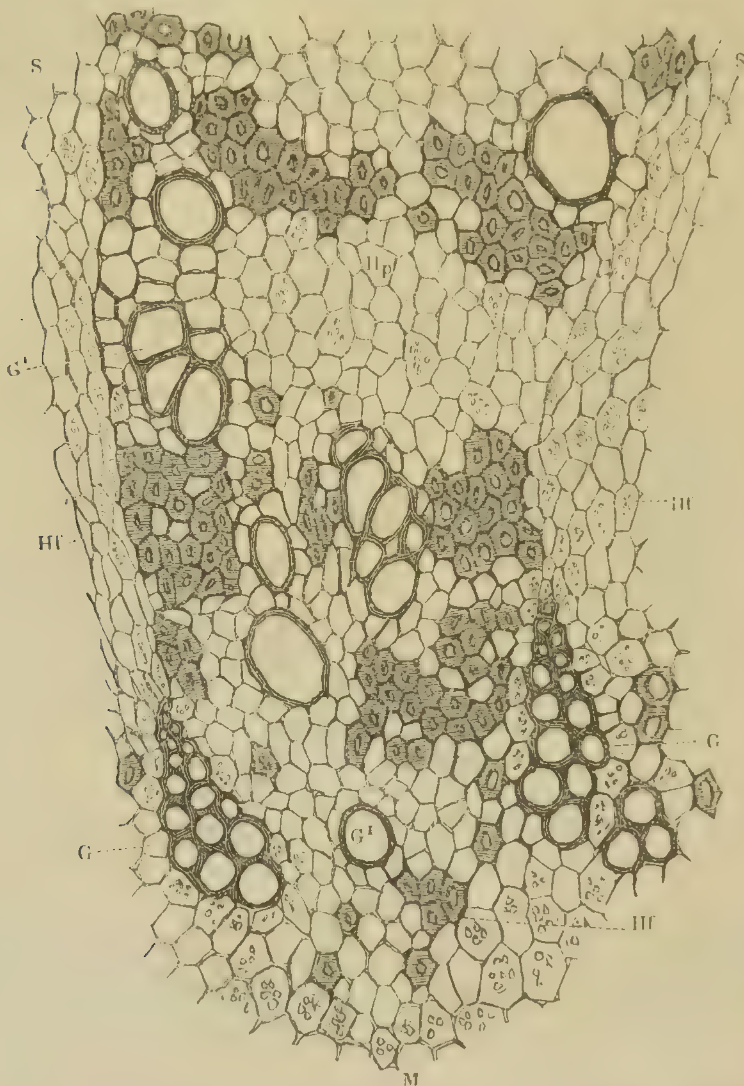
Querschnitt durch eine ältere Wurzel von Ranunculus acre. *G* versetzte in centripetaler Richtung entstandene Gefässe, G^1 junge in centrifugaler Richtung sich entwickelnde Gefässe, *B B* Bastbündel, *S S* Gefässbündelscheide.
Vergr. 1 : 200.

zwischen den primären Holzbündeln gelagerten Bastbündel vor sich herdrängen (Fig. 229).

Die relative Stellung der primären Gefässbündel zu dem Marke wird also hier, wo das letztere bleibt, eine andere, wie im Stamme, so dass von einer Markkrone, in dem Sinne wie bei dem letzteren, nicht die Rede sein kann. Um sich über diese Verhältnisse genau zu unterrichten, müssen überall die jüngeren Entwicklungszustände zu Rathe gezogen werden. Bei älteren Wurzeln sind dieselben häufig nicht mehr klar genug zu erkennen, obwohl auch hier in manchen Fällen die primären Gefäss-

gruppen und deren Verhältniss zu dem später gebildeten Holzkörper noch deutlich genug hervortreten (Fig. 230).

Fig. 230.



Theil eines Querschnittes der Wurzel von Ficus amazonica. *M* Mark, *S* Markstrahlen, *G G* die in centripetaler Richtung entstandenen primären Gefässgruppen, dazwischen das später in centripetaler Richtung entwickelte Holzbündel mit seinen Gefässen, *G*¹*G*¹ Holzfasern, *Hf* und *Hf* Holzparenchym. Vergr. 1 : 220.

Wurzelhaube. — Bei sämmtlichen echten Wurzeln der Kryptogamen und Pharerogamen wird der Vegetationspunkt von einer meist mehrschichtigen, aus parenchymatischen Zellen gebildeten Hülle, der sogenannten Wurzelhaube bedeckt (Fig. 231). Inwieweit dieselbe bei der

vergleichenden Histiologie in Betracht zu ziehen ist, müssen entsprechende Untersuchungen lehren.

Fig. 231.



Längsschnitt durch die Spitze einer eben hervorbrechenden Wurzel von Aspidistro elatior. *Wh* Wurzelhaube, *O* Oberhaut, *M* Mark, *G′* Region der engen Spiralgefässe, *G″* Region der weiten netzförmigen Gefässe. Vergr. 1 : 75.

III. Das Blatt.

1. Die Laubblätter.

Das Blatt der Moose.

Das Blatt der Lebermoose besteht aus einer einzigen Lage von gleichgebildeten, regelmässig polygonalen, nach der Unter- und Oberfläche abgeplatteten, also tafelförmigen Zellen. Zur histiologischen Untersuchung genügt es, das Blatt unverletzt unter das Mikroskop zu bringen. Will man dagegen die Structur der Zellhülle u. s. w. studiren, so sind Querschnitte anzufertigen, welche man am leichtesten erhält, wenn man eine Anzahl von Blättchen mittelst einer Gummilösung, der man wenige

Tropfen Glycerin zugesetzt hat, zusammenklebt und dann die Schnitte zwischen Hollundermark nimmt.

Das Blatt der Laubmoose besteht gleichfalls aus einer einzigen Lage von Parenchymzellen, die in ihrer Form je nach der Art mannigfach verschieden sind und insofern Beachtung verlangen. Hier tritt aber mit Ausnahme der Sphagneen und einiger anderen Moosarten (Fig. 232), deren Blatt aus zwei Arten von Parenchymzellen gebildet wird, von

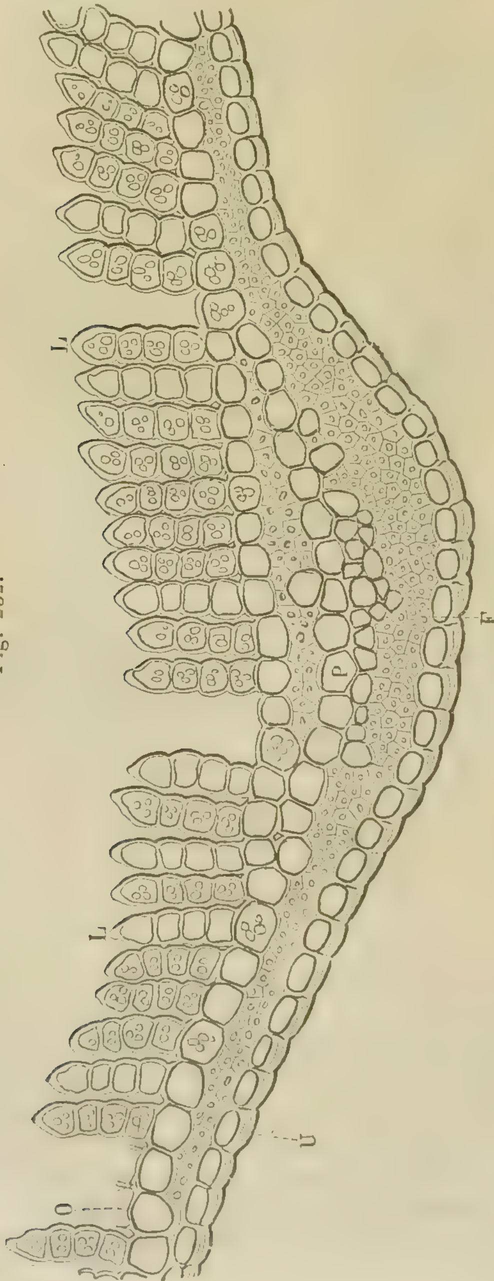


Fig. 232.

Mittlerer Theil des Querschnittes durch ein Blättchen von Polytrichum formosum bis zum Uebergange des Blattnerven in die zweischichtige Blattscheide. *LL* Lamellen, *O* die lamellentragenden Zellen der Oberfläche, *U* einseitig verdickte Zellen der Unterfläche, *P* dünnwandige, *F* faserartige Zellen des Mittelnerven. Vergr. 1 : 500.

denen nur die engeren Chlorophyll führen, ein mehr oder minder deutlich ausgebildeter Mittelnerv auf. Dieser besteht entweder nur aus gleichartigen, von den übrigen Blattzellen kaum zu unterscheidenden, wenig mehr als diese gestreckten, oder aus gestreckten faserartigen Zellen, oder es wird von diesen letzteren ein Innenstrang von dünnwandigen, ebenfalls gestreckten Parenchymzellen umschlossen. Bei der Gattung Mnium sind ausserdem noch zwei aus stark verdickten, faserartigen Zellen gebildete Randnerven vorhanden.

Um die Structur der Blattspreite zu studiren, genügt dasselbe Verfahren wie bei den Lebermoosen. Dagegen verlangt die Kenntnissnahme von dem Bau des Mittelnerven Quer- und Längsschnitte. Erstere erhält man oft ganz schön bei der Entnahme von Stengelquerschnitten. Gelingt dieses Verfahren nicht, so ist das oben angegebene einzuschlagen. Längsschnitte, die man parallel der Fläche und senkrecht zu derselben nehmen muss, werden, soweit meine Erfahrungen reichen, am besten aus freier Hand gelingen.

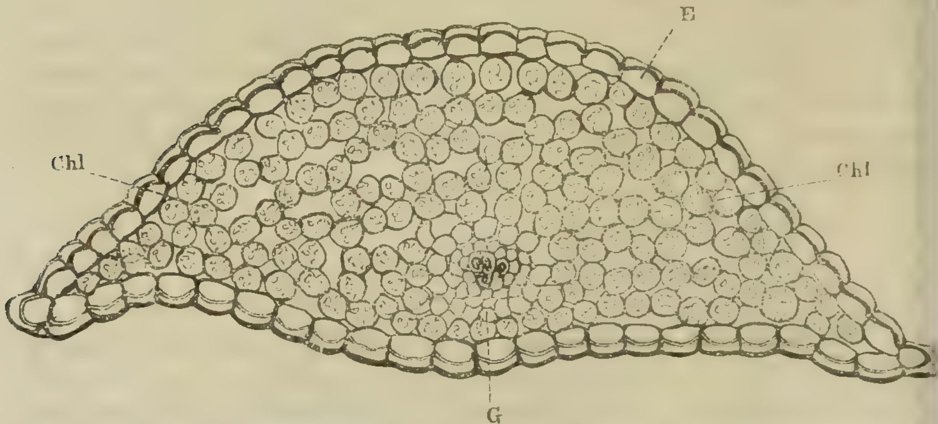
Das Blatt der Gefässkryptogamen.

Schachtelhalme. — Die Mitte des Blattes der Schachtelhalme besteht aus nur wenigen Lagen eines zartwandigen, in späterem Alter braungefärbten Parenchyms. Diese Innenschicht wird nach Aussen auf der Unterseite von einer Oberhaut bedeckt, welche in den nicht über dem Gefässbündel oder an den Verwachsungsstellen der Einzelblättchen liegenden Partien in Reihen geordnete Spaltöffnungen enthält, deren Schliesszellen zierlich verdickt sind. Die Oberhautzellen sind hier nach der Aussenseite etwas stärker verdickt als an den übrigen Seiten und enthalten reiche Mengen von Kieselerde. Der Bau der Zellen ist in der Flächenansicht verschieden. Ueber den Gefässbündeln sind dieselben langgestreckt und enger, über den dünnsten zur Seite liegenden Stellen werden sie weiter und kürzer und lassen die Spaltöffnungslücken zwischen sich, dann verbreitern sie sich noch etwas mehr und gehen in die eigenthümlich bogenförmigen Zellen der Verwachsungsstellen über. Die Oberseite besitzt eine abweichend gebaute Epidermis. Dieselbe besteht nämlich aus zartwandigen kleineren Zellen, welche mehr oder minder flach gedrückt erscheinen. Das Gefässbündel nimmt etwa die Mitte des Einzelblattes ein und besteht aus wenigen zarten Ringgefässzellen, innerhalb deren eine Gruppe zartwandiger, allem Anscheine nach dem Basttheile angehöriger Zellen auftritt. Unter dem Gefässbündel erscheinen bei manchen Arten (Equ. hiemale, arvense) Grüppchen von stark verdickten faserähnlichen Zellen, welche bis dicht unter die Epidermiszellen reichen. Die Blätter führen im jugendlichen Zustande immer Chlorophyll und zwar sind die betreffenden Parenchymzellen in Längsreihen neben den über den Gefässbündeln stehenden Fasersträngen vertheilt

und durch Stränge inhaltleerer Zellen, die den Aussenseiten der verwachsenen Blättchen und den Verwachsungsstellen angehören, von einander getrennt.

Bärlappgewächse. — Das Blatt der Bärlappgewächse hat beiderseits eine aus mässig einseitig verdickten, in der Längsachse des Blattes gestreckten, seicht buchtigen Zellen bestehende Oberhaut, deren Spaltöffnungen ohne bestimmte Ordnung zerstreut stehen. Das mittlere Gewebe (Fig. 233 *Chl*) wird von einigen Lagen zartwandigen, auf dem Quer-

Fig. 233.



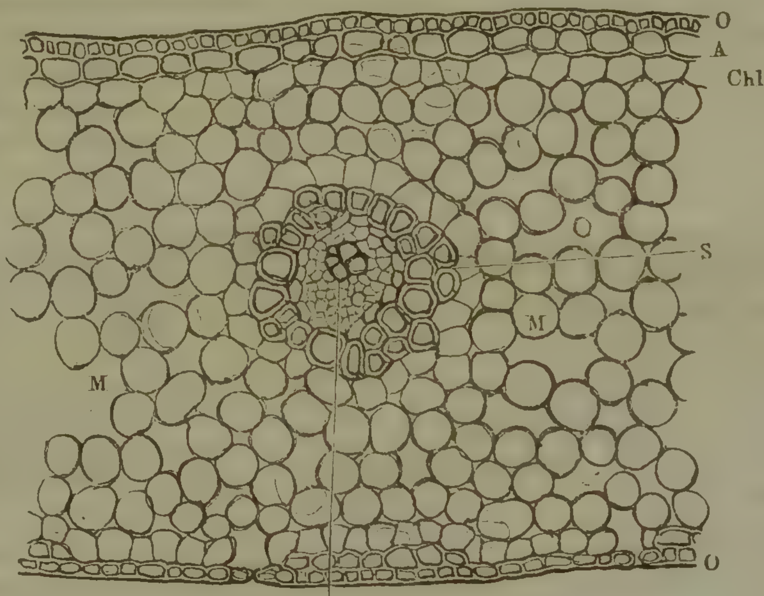
Querschnitt durch ein Blättchen von Lycopodium chamaecyparissus. *E* Oberhaut, *Chl* Chlorophyllgewebe, *G* Gefässbündel. Vergr. 1 : 150.

schnitte rundlichen, auf dem Längsschnitte etwas gestreckten, Chlorophyll führenden Parenchyms gebildet und dieses von einem mittleren, aus einigen wenigen Spiral- und Treppengefässen und engen, mässig verdickten gestreckten Zellen bestehenden Gefässbündel durchzogen (Fig. 233 *G*).

Farnkräuter. — Die Oberhaut des Farnblattes besteht auf der Ober- wie Unterseite aus zierlich buchtig tafelförmigen Zellen, die beinahe gleichmässig nach allen Seiten verdickt sind, höchstens eine nur wenig stärkere Entwickelung der secundären Verdickungsschicht nach der Aussenseite beobachten lassen und gleich den tiefer liegenden Zellen Chlorophyll führen (Fig. 234 *O*). Die Unterseite führt stets mit der Epidermis in gleicher Ebene liegende, ohne bestimmte Ordnung zerstreute Spaltöffnungen. Dicht unter der Oberhaut erscheint als Aussenrinde (Fig. 234 *A*) häufig jederseits eine nur über den Spaltöffnungen unterbrochene Lage mässig verdickter, in der Flächenansicht länglich polygonaler Zellen, welche neben protoplasmatischen Stoffen oder wässeriger Flüssigkeiten auch geringe Mengen Chlorophylls führen. Das Parenchym (Fig 234 *Chl* und *M*) ist in mächtigeren Lagen entwickelt und wird aus strahligen Zellen gebildet, so dass es eine Menge von Lufträumen

enthält. Dasselbe ist reichlich mit Chlorophyll angefüllt, in dem sich Stärkekörnchen entwickeln. Die Gefässbündel stehen von der Ober- und Unterseite an gerechnet gewöhnlich ziemlich genau in der Mitte. Man kann in denselben deutlich einen Holz- und Basttheil unterscheiden, von denen der erstere nach der Oberseite, der andere nach der Unterseite gewandt ist (Fig. 234 *G*). Der Holztheil besteht aus einigen Spiral- und

Fig. 234.



Theil eines Querschnittes durch den Wedel von Asplenium Nidus. *O* Oberhaut, *A* Aussenrinde, *Chl* Chlorophyllgewebe der Rinde, *M* Markgewebe, *G* Gefässbündel, *S* Gefässbündelscheide. Vergr. 1 : 120.

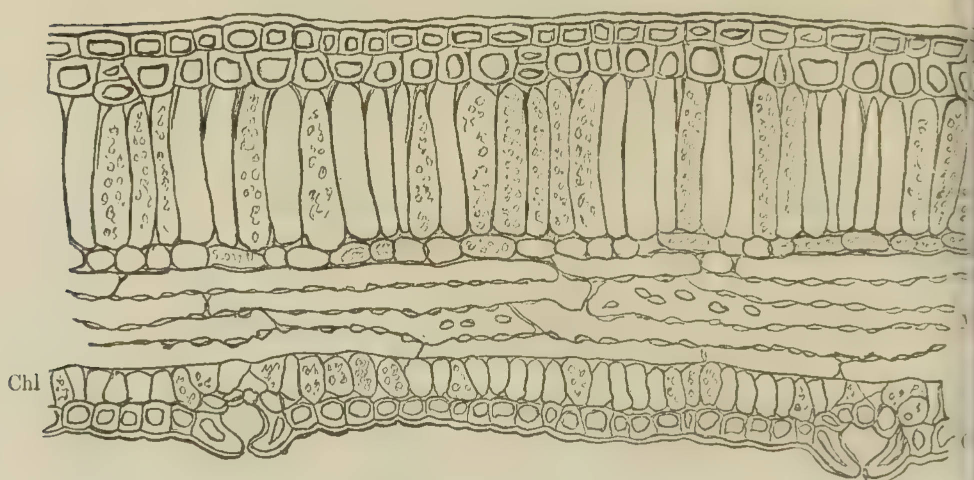
Treppengefässen, der Basttheil aus ziemlich engwandigen, gestreckten, Eiweissstoff führenden Zellen, unter denen sich hier und da einige weitere als Bastgefässe erkennen lassen. Zunächst um das Gefässbündel findet sich ein Kranz von weiteren zartwandigen Parenchymzellen ein, denen dann als Gefässbündelscheide ein geschlossener Ring von verdickten faserartigen Zellen folgt (Fig. 234 *S*).

Das Blatt der Phanerogamen.

Cycadeen. — Die Cycadeen besitzen eine Oberhaut mit einseitig (Cycas, Fig. 235) oder allseitig (Ceratozamia, Fig. 236) verdickten Zellen, bei denen namentlich die Cuticularschichten mächtig entwickelt und von Poren durchbrochen sind. Die Unterseite der Fiederblättchen besitzt immer entweder ohne Ordnung gestellte (Cycas) oder in Reihen geordnete (Encephalartos etc.) Spaltöffnungen, welche die S. 179 beschriebene eigenthümliche Lage tief unter der Oberhaut beobachten lassen (Fig. 235 bis 237).

Die Form der Oberhautzellen wechselt hier sowohl bei den verschiedene Gattungen, als sie auch in der Oberhaut ein und derselben Gattung an ver schiedenen Stellen ungleich wird. So besitzen die Cycas- und Encephalartos arten fast isodiametrische, bei den ersteren senkrecht auf die Blattachs verlängerte, bei den anderen unregelmässig verschobene, auf der Unter seite eine Verlängerung in der Blattachse zeigende drei-, vier- bis mehr seitige Zellen, während Zamia und Ceratozamia nach der Blattachse in die Länge gestreckte parenchymatöse oder faserähnliche Formen zeigen welche mit kurzen sich schon auf dem Querschnitte deutlich kenntlich machenden, meist länglich vierseitigen, braune Masse führenden Zelle abwechseln, die, nach ihrer Anordnung zu schliessen, aus einer faserför migen Zelle — ähnlich wie das Holzparenchym — entstanden sind. Be

Fig. 235.



Theil eines Querschnittes durch ein Blättchen von Cycas revoluta. *O* Oberhaut, *A* Aussen rinde, *Chl* pallisadenförmiges Chlorophyllgewebe (Innenrinde), *M* Markgewebe. Vergr. 1 : 120.

Dion sind die Hauptmasse der oberen und die zwischen den Spaltöffnungs streifen verlaufenden Längsstreifen der unteren Epidermis aus der letzte ren Zellenart zusammengesetzt und nur hier und da finden sich faser förmige eingesprengt. Welche Formen indessen auch den Oberhautzelle eigen seien, so ändert sich dieselbe theils schon im Verlaufe der Spalt öffnungsreihen (Dion), sicher aber in der Nähe der Spaltöffnungen im mer in bestimmter mehr oder minder scharfer Weise, welche durch di Gruppirung der die letzteren umgebenden Zellen bedingt wird. Be einer vergleichenden Untersuchung sind alle diese Formverschiedenheite auf das Aufmerksamste zu verfolgen und in ihren Beziehungen zu de einzelnen Gattungen sowohl als zu den verschiedenen Stellen der Ober haut genau zu charakterisiren. Quer- und Längsschnitt werden hier fü die Verdickungsweise, Oberflächenschnitte für die gegenseitigen Verhält-

nisse der wechselnden Formen, diese und Macerationsproducte endlich für diese letzteren selbst die nöthigen Anhaltspunkte geben müssen.

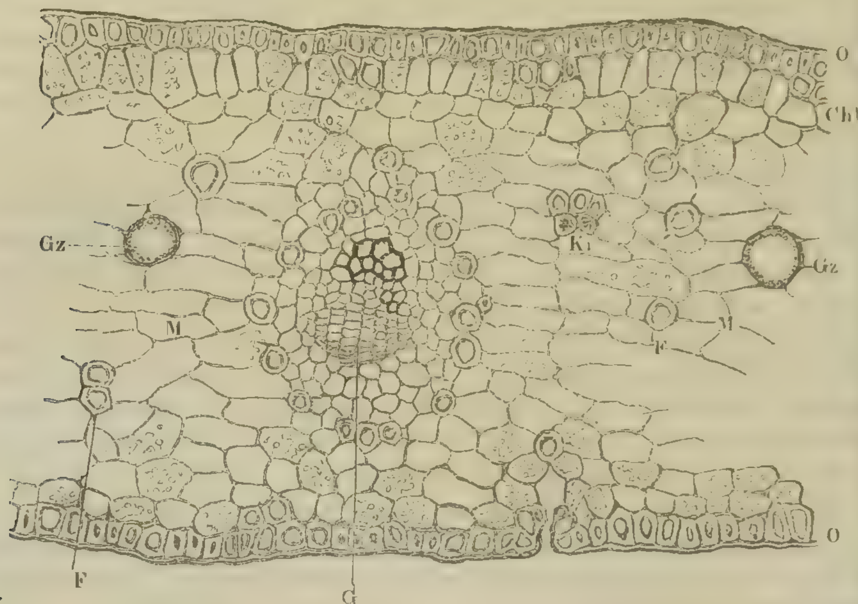
Unterhalb der Oberhaut erscheinen bei allen von mir bis jetzt untersuchten Gattungen (Cycas, Dion, Encephalartos, Ceratozamia, Zamia) zwei bis mehrere Reihen von chlorophylllosen, feinkörnigen Inhalt führenden Zellen, welche bei Ceratozamia nur am Rande oder vereinzelt in kleinen Gruppen auftreten, bei den übrigen Gattungen an der Oberseite in der Regel ununterbrochene Lagen bilden, an der Unterseite aber unterhalb der Spaltöffnungen meist fehlen und daher in Längsreihen geordnet erscheinen (Fig. 235 bis 237). Diese Zellen sind mehr oder minder, oft (Dion) fast bis zum Verschwinden des Lumens verdickt und sind an der Oberseite immer faserartig und meist gefächert. An der Unterseite haben sie bei Encephalartos in den Spaltöffnungszügen fast allseitig gleiche Ausmessungen und sind verhältnissmässig weit und weniger verdickt. Wir haben in dieser Blattschichte offenbar die Aussenrinde des Blattes vor uns, welche dem Collenchym der Stengelrinde entsprechen dürfte. Auf die Aussenrinde, oder, wo diese fehlt, unmittelbar auf das Oberhautgewebe, folgt ein Gewebe, welches in der Regel aus cylindrischen oder polygonalen, mehr (Encephalartos, Cycas) oder minder (Ceratozamia) in dem Dickendurchmesser des Blattes verlängerten, nach der Blattmitte etwas verjüngten, hier und da in den Kanten (Cycas revoluta) leistenartig verdickten Zellen gebildet wird und die Innenrinde repräsentirt. Dieselbe findet sich an beiden Blattseiten, ist aber an der oberen am deutlichsten ausgeprägt, an der unteren, wegen des mehr minder verkürzten Höhendurchmessers weniger hervortretend.

Der mittlere Theil des Blattes, das Mark, wird zum grössten Theile aus buchtig- strahligen Parenchymzellen zusammengesetzt und bildet ein schwammförmiges Gewebe, das in der Mittellage nicht selten in einige Lagen nach der Breite des Blattes quergestreckten Parenchymes übergeht (Fig. 235 und 236), welches sich zwischen den Gefässbündeln und den Gummigängen ausspannt, bei Cycas in ein das Gefässbündel umgebendes, dem Markparenchym des Fiederstieles ähnliches vielporiges Gewebe übergeht. Bei Dion und Ceratozamia treten inmitten des Schwammparenchymes vereinzelte stark verdickte Bastfasern auf (Fig. 236 u. 237 *F*) und bei Cycas finden sich Gruppen ähnlicher Zellen innerhalb des aus polygonalen Zellen bestehenden Marktheiles ein.

Das Gefässbündel ist vollständig entwickelt, d. h. es lässt einen deutlich ausgebildeten Holz- und Basttheil erkennen. Der letztere liegt der Unterseite des Blattes zugewendet und besteht nach Innen aus den dünnwandigen Elementen, unter denen sich Parenchym- und Bastgefässzellen, wenn auch mit einiger Mühe, erkennen lassen; nach Aussen finden sich eine (Ceratozamia) oder mehrere in Halbmond gestellte Reihen von eigenthümlich verdickten, engen faserähnlichen Zellen ein, welche als Bastfasern aufzufassen sind, namentlich da sie ihr Analogon auch in dem Gefässbündel der Dikotyledonen finden (Caesalpineen, Ribes u. s. w.).

Der Holztheil wird von dem Basttheile durch einige enge, zartwandige und gestreckte Parenchymzellen getrennt und besteht nach Innen aus engeren spiralig verdickten Gefässzellen, nach Aussen aus weiteren nur mässig verdickten Holzzellen mit in die Breite gezogenen oder mehr rundlichen, deutlich behöften Poren. Bei Encephalartos und Cycas revoluta habe ich von dem Parenchym, welches Holz- und Basttheil scheidet, gleichsam am Anfange des letzteren einige, meist in zwei kleine Gruppen gestellte, sich durch ihre stärkere Verdickung kenntlich machende Zellen

Fig. 236.



Theil eines Querschnittes durch das Fiederblättchen von Ceratozamia mexicana. *O* Oberhaut, *Chl* chlorophyllhaltiges Pallisadengewebe, *M* Markgewebe, *G* Gefässbündel, *Gz* Gummizellen, *F* Faserzellen. Vergr. 1 : 120.

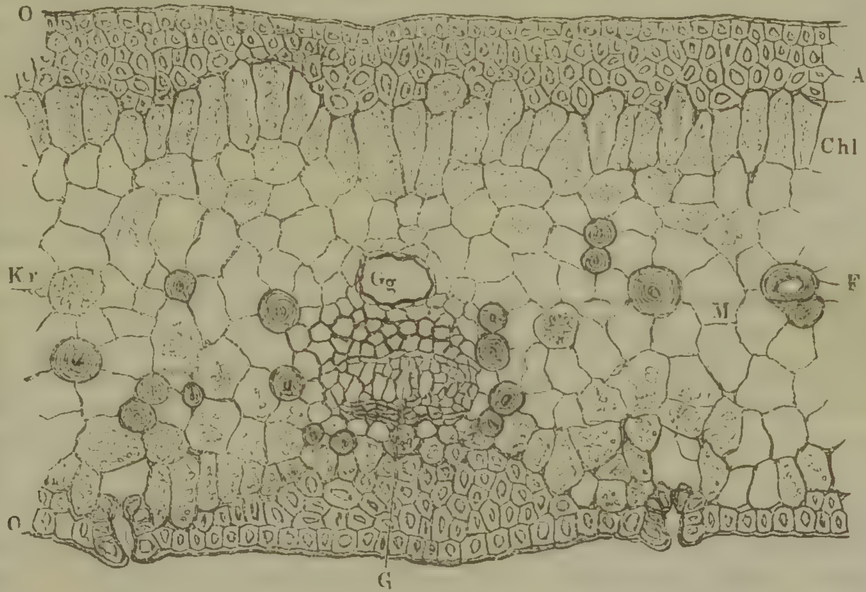
gefunden, die sich auf dem Längsschnitt als poröse Holzzellen darstellen, und bliebe hier zu untersuchen, ob dieses Vorkommen vereinzelt, oder ob es bei einzelnen Arten oder Gattungen constant ist.

Bei allen von mir untersuchten Gattungen wird das Gefässbündel von einem ein- bis mehrreihigen Hohlcylinder von abweichend gebauten Parenchymzellen, der Bündelscheide, umgeben. Bei Cycas sind dieselben einseitig, nach Innen verdickt und führen einzelne Krystalle. Bei den anderen sind sie mehr gleichmässig ausgebildet, mässiger verdickt (Ceratozamia, Encephalartos, Fig. 236 und 237) bis dünnwandig (Dion) und es treten in deren Kreis einzelne, bei Ceratozamia gefächerte Bastfasern ein (Fig. 236 und 237), Gummigänge habe ich in dem Blatte nur bei Encephalartos und Dion gefunden. Bei ersterer Gattung stehen sie zwischen je zwei Gefässbündeln, bei Dion dicht über denselben (Fig. 237 *Gg*). Dieselben sind verhältnissmässig weit und werden zunächst von einer Lage enger

zartwandiger, langgestreckter und dann von einer zweiten Lage weiterer isodiametrischer Parenchymzellen umgeben. Bei Ceratozamia treten im Markgewebe einzelne Gummizellen (Fig. 236 *G*) auf.

Der Wedelstiel besitzt bezüglich der Gefässbündel, welche zerstreut in dem Markgewebe stehen, was sich bei Cycas wie bei den anderen Arten für die Blättchen in der Nähe der ersteren wiederholt, den gleichen Bau, wie wir ihn eben geschildert haben. Ein Unterschied zeigt sich in Bezug auf die Rindenbildung, welche indessen so manche Anklänge an

Fig. 237.



Theil eines Querschnittes durch das Fiederblättchen von Dion edule. *O* Oberhaut, *A* Aussenrinde, *Chl* Chlorophyllgewebe (Innenrinde), *M* Markgewebe, *G* Gefässbündel, *Gg* Gummigang, *Kr* krystallführende Zellen, *F* faserförmige im Mark zerstreute und das Gefässbündel umgebende Zellen. Vergr. 1 : 120.

die Rinde der Fiederblätter zeigt, dass sich die Beziehung beider zu einander dem Beobachter überall aufdrängt.

Unterhalb der Oberhaut, welche im Ganzen den gleichen Bau zeigt, wie jene der Fiedern, findet sich mit Ausnahme von Cycas, wo es nur an den Seiten, wo die Blättchen abgehen, auftritt, bei Encephalartos, Dion und Ceratozamia, das aus faserähnlichen Zellen gebildete ein- bis mehrreihige Gewebe wieder vor. Das Chlorophyllgewebe, d. h. die Innenrinde, beginnt bei Cycas unmittelbar nächst der Oberhaut und besteht aus zwei bis drei Reihen ziemlich verdickter Zellen, die auch einzeln oder gruppenweise in dem gleich zu beschreibenden Gewebe auftreten, ohne mit jenen Reihen in Verbindung zu stehen. Bei den übrigen genannten Gattungen treffen wir dasselbe unter der Aussenrinde. Seine Zellen sind in der Regel weniger verdickt und porenreich, wie bei der

vorhergehenden Art, und es setzt sich durch meist einreihige netzförmig mit einander anastomosirende Strahlen nach Innen fort, wo es allmälig in das Zwischen- und Markgewebe übergeht.

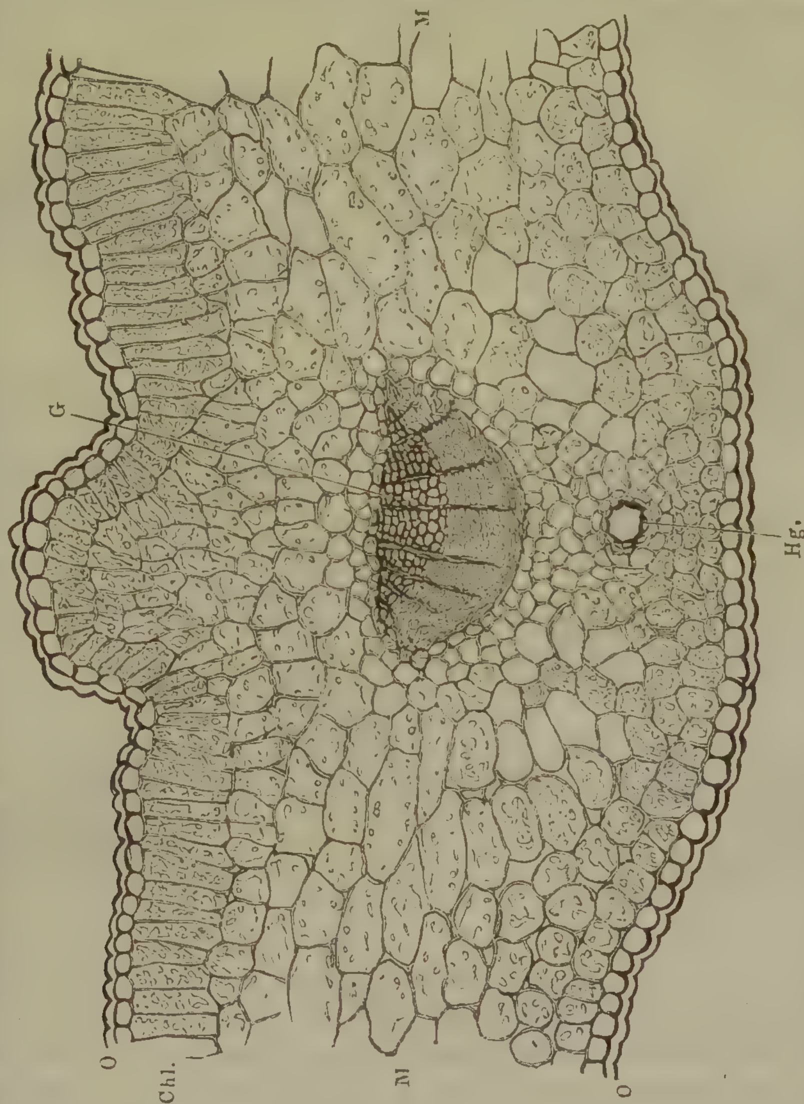
Innerhalb der Innenrinde erscheint bei Cycas und Ceratozamia ein mächtiger, bei Encephalartos und Dion ein minder breiter Ring von bastfaserähnlichen, mässig langen, stark verdickten Zellen, welche gemäss des eben geschilderten Verhaltens des Chlorophyllgewebes gruppenweise angeordnet erscheinen. Bei Cycas werden dieselben nach Innen allmälig enger und länger; bei Ceratozamia, Encephalartos und Dion bleiben sie mehr gleich und es treten dazwischen (einzeln oder in kleinen Gruppen) weitere und bedeutend längere, bei Ceratozamia gefächerte, bald minder (Encephalartos), bald mehr (Ceratozamia und Dion) verdickte, eine homogene braune Masse führende Bastfasern auf, welche sich auch zerstreut in dem Markgewebe und in der Umgebung der Gefässbündel finden.

Nadelhölzer. — Die Oberhaut der Nadelholzblätter besteht aus einer einzigen Lage von in der Richtung der Blattachse mehr oder minder in die Länge gestreckten, nur in den die Spaltöffnungen enthaltenden Streifen ganz oder nahezu isodiametrischen, meist tafelartigen, hier und da aber auf dem Querschnitt quadratischen (Pinus silvestris) oder gar pallisadenförmigen (Pinus Pumilio) Zellen. Die Wandungen sind entweder allseitig (Pinus, Fig. 240) oder, was bei den meisten Gattungen der Fall ist, einseitig an den Aussenseiten verdickt (Fig. 238) und die Verdickungsschichten, theils von nach der Oberfläche verlaufenden, theils von seitlichen Porencanälen durchsetzt. Die Spaltöffnungen stehen immer in Längsstreifen und finden sich bei flachen Blättern, bald auf beiden Blattseiten (Auracaria imbricata und brassiliensis), bald nur auf der Unter- (Taxus, Salisburia, Abies) oder Oberseite allein (Juniperus) oder doch vorzugsweise (Cupressus), während sie bei den rundlichen und vierkantigen Blattgestalten in der Regel allseitig auftreten.

Unterhalb der Oberhaut trifft man mit Ausnahme von Taxus und Cephalataxus (Fig. 238) (und Torreya nach Thomas) eine ein- bis mehrreihig entwickelte, in der Regel nur unter den Spaltöffnungen fehlende, hier und da aber auch sonstig unterbrochene Aussenrinde (Fig. 239), welche jener der Cycadeen ähnelt, sich aber insofern von derselben unterscheidet, als die Zellen nicht so bedeutend in die Länge gestreckt erscheinen. Die Verdickung der Zellhüllen ist allseitig, bei Pinus geringer, bei den übrigen Gattungen bedeutender (Fig. 239 bis 241).

Die Innenrinde, das Chlorophyllgewebe, zeigt bei verschiedenen Gattungen mannigfache Abweichungen in seinem Baue, welche bei deren Charakterisirung wohl ins Auge zu fassen sind. Bei allen jenen Nadelblättern, welche nur auf der Unterseite Spaltöffnungen enthalten, liegt auf der Oberseite ein deutlich entwickeltes, hier und da (Podocarpus, Fig. 241) mehrreihiges Pallisadenparenchym, dem ein lockereres Gewebe folgt, während die Unterseite häufig zum mindesten kein entschieden

ausgesprochenes Pallisadenparenchym, auch nicht in den spaltöffnungsleeren Streifen beobachten lässt und in der Regel von lockerem, unregelmässigem Parenchym eingenommen wird. Die beiderseitig mit Spaltöffnungen versehenen Blätter der Auracaria imbricata und brassiliensis (Fig. 239) besitzen auf beiden Seiten je eine Schicht durch die Spalt-



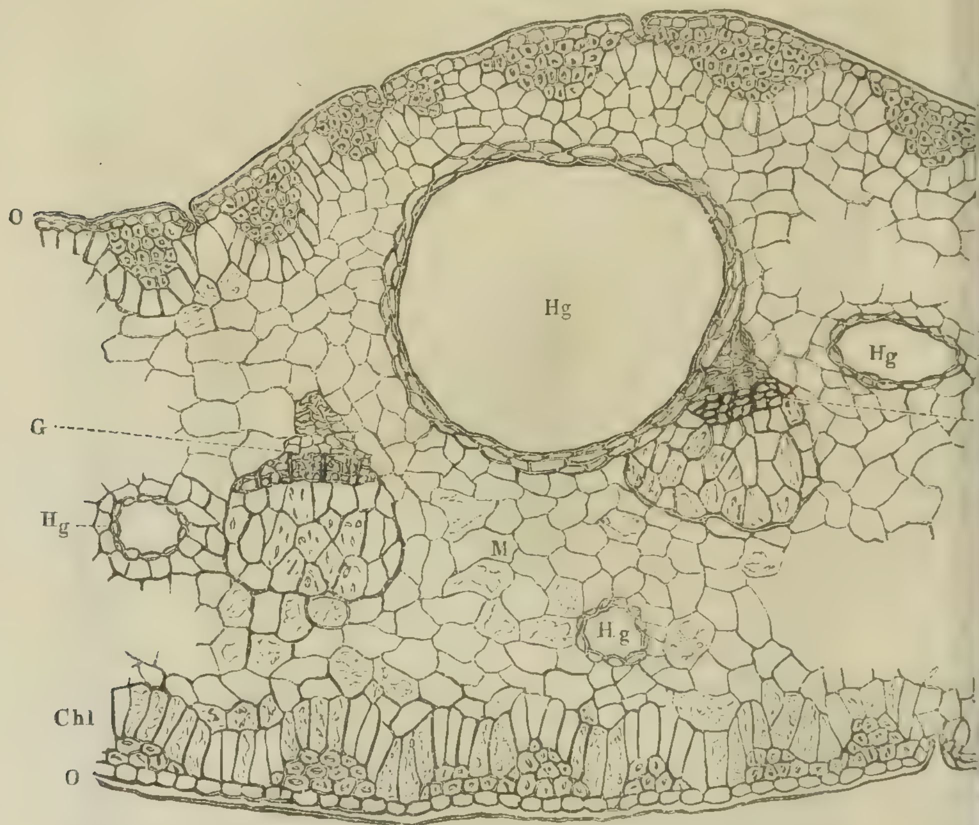
Theile eines Querschnittes durch das Blatt von Cephalotaxus Fortunei. *O* Oberhaut, *Chl* chlorophyllführendes Rindengewebe, *M* Markgewebe, *G* Gefässbündel, *Hg* wurziger Harzgang. Vergr. 1 : 100.

öffnungsstreifen unterbrochenen Pallisadenparenchyms mit darunterliegendem lockereren Chlorophyllgewebe, die rundlichen und vierkantigen Nadeln endlich lassen theilweise eine allseitig ähnliche Structur beobachten, bei der die Pallisadenform indessen häufig weniger scharf ausgeprägt ist, theils besitzen sie eine aus dicht aneinanderschliessenden Zellen bestehende Innenrinde (Pinus, Picea, Larix, Fig. 240), deren äussere Schicht

bald einen nur wenig, bald mehr (Picea, Larix auf der Oberseite) senkrecht zur Blattfläche verlängerten Durchmesser besitzt. Bemerkenswerth ist hier die eigenthümliche Verdickungsweise der hierhergehörigen Zellen von Pinus (S. 89, Fig. 31 *I*), Fig. 240.

Als fremde Elemente treten nach Thomas in dem Rindenparenchym einzelne Bastfasern auf, so bei Cephalotaxus, Podacarpus, Dammara und Sciadopitys.

Fig. 239.



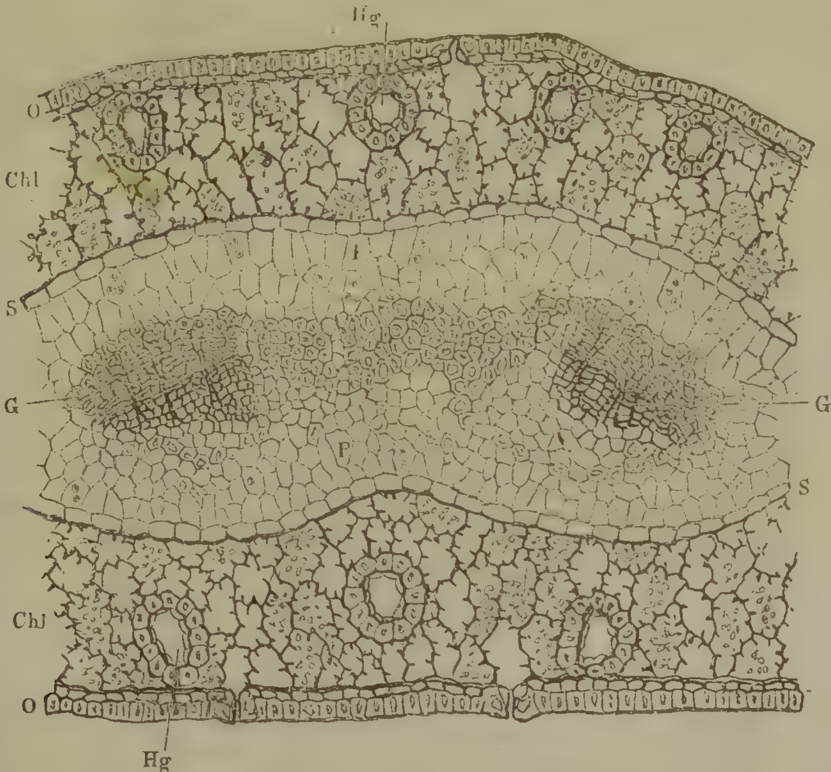
Querschnitt durch die Mitte des Blattes von Auracaria brassiliensis. *O* Oberhaut, *Chl* pallisadenförmige chlorophyllhaltige Innenrinde, *M* Markgewebe, *Z* Gruppen grosser poröser die Gefässbündel begleitender Zellen, *G* Gefässbündel, *Hg* Harzgänge. Vergr. 1 : 75.

In den Gattungen Pinus, Picea und Larix wird die Blattrinde von dem inneren Parenchym, welches bei Pinus (Fig. 240 *P*) kleine deutliche behöfte Poren, bei Podocarpus (Fig. 241 *M*) eine quergestreckte Form besitzt und als Markgewebe bezeichnet werden kann, durch einen einreihigen Ring getrennt, welcher aus abweichend gebildeten, in tangentialer, mehr aber in axialer Richtung in die Länge gestreckter Zellen besteht, deren Seitenwände mit zierlichen kleinen Siebporen dicht besäet sind (Fig. 240 *S*).

Das bald einfache (Fig. 239 und 241), bald durch Zwischenschiebung einiger bis mehrerer Reihen von Parenchymzellen getheilte Gefässbündel

(Fig. 238 u. 240) besteht aus Holz und Bast, deren Elemente in ziemlich regelmässigen, bald mehr nach dem Radius, bald mehr nach dem Querdurchmesser der Nadel gerichteten Reihen hintereinanderstehen. Das Holz enthält nach Aussen einige Spiralgefässzellen, nach Innen behöft poröse Holzzellen, den Bast bilden mehr minder verdickte Bastgefässzellen. Zwischen den ein- bis mehrreihigen Holz- und Bastelementen finden sich Inhalt führende langgestreckte, ebenfalls in Reihen geordnete Zellen. Bei

Fig. 240.



Theil eines Querschnittes durch das Blatt von Pinus silvestris. *O* Oberhaut, *Chl* chlorophyllführendes Parenchym, *S* Gefässbündelscheide, *P* behöft poröses Parenchym, *GG* Gefässbündel, *F* Gruppen von bastfaserähnlichen Zellen, *Hg* Harzgänge. Vergr. 1 : 75.

Pinus treten über dem Basttheile des Gefässbündels mehr oder minder starke Bündel von fast bis zum Verschwinden des Lumens verdickten Bastfasern auf, welche sich in das Zwischengewebe hineinziehen und noch eine Strecke unter dem Holztheil fortsetzen (Fig. 240).

Mit Ausnahme von Taxus besitzen alle Nadelholzblätter Harzbehälter von kugelförmiger Gestalt bei den Schuppennadeln, ächte Gänge bildend bei den gestreckten Nadeln. Die Stellung dieser Behälter ist eine dreifach verschiedene. Dieselben liegen nämlich bei den einnervigen Nadeln entweder je einer dicht unter dem Gefässbündel zwischen diesem und der unteren Blattfläche (Juniperus, Cupressus, Cephalotaxus), oder je zwei in der Nähe der Blattränder zur Seite des Gefässbündels, meist der

unteren Blattfläche mehr genähert (Pinus, Abies etc.). Bei den mehrnervigen Nadelblättern (Auracaria brassiliensis, Fig. 239) nehmen die Harzgänge ihre Stellung zwischen je zweien der Gefässbündel und ihre Zahl steht dann im Verhältniss zu der Zahl der letzteren.

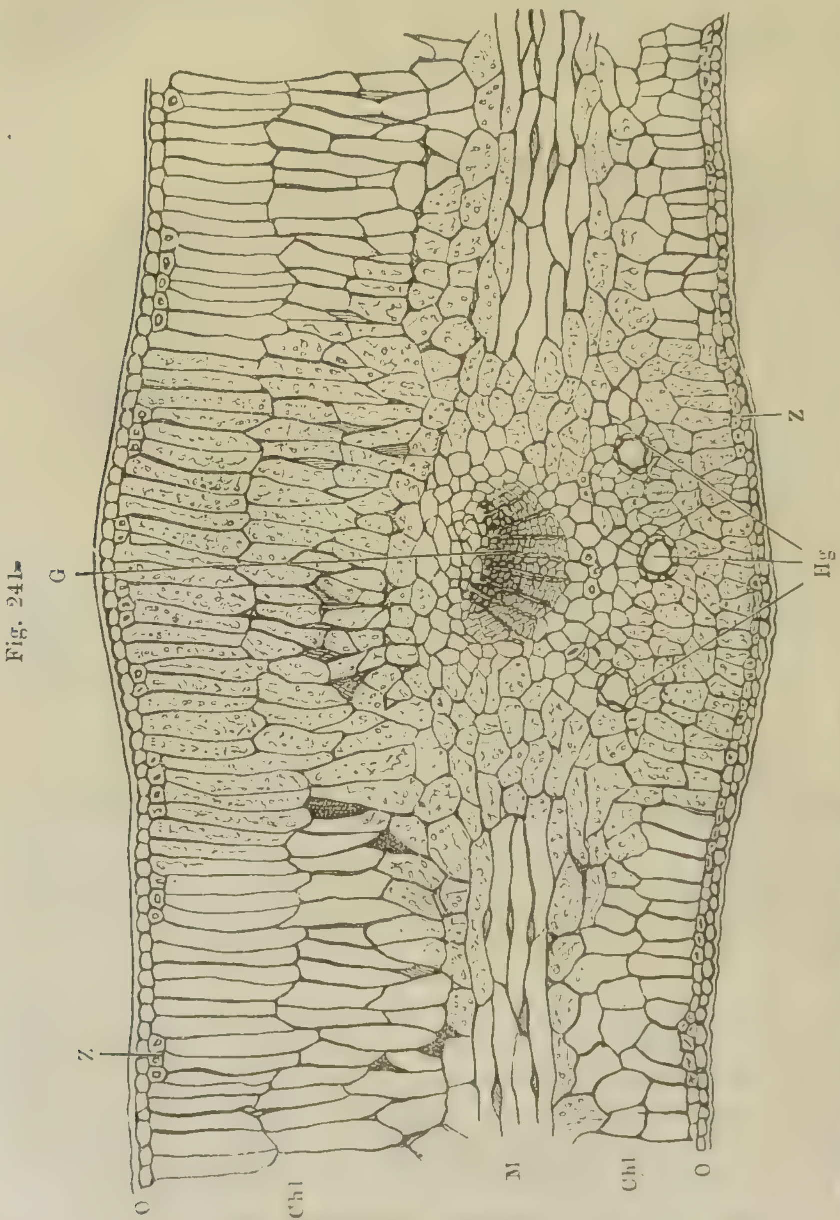


Fig. 241. Theil eines Querschnittes durch das Blatt von Podocarpus spec. *O* Oberhaut, *Chl* pallisadenförmiges Rindengewebe. *Z* Zellen der Aussenrinde, *M* in der Breitenachse des Blattes gestreckte Markzellen, *G* Gefässbündel, *Hg* Harzgänge. Vergr. 1 : 75.

Treten die Harzbehälter unter normalen Verhältnissen auch immer in der angegebenen Zahl auf, so häuft sich dieselbe doch auch oft durch accessorische Harzgänge, so z. B. bei Podocarpus (Fig. 241) und namentlich bei den Pinusarten, wo nicht selten 12 bis 15 und mehr Harzgänge

zu beobachten sind (Fig. 240). Diese Vermehrung ist Folge von später zwischen und in der Nähe der wesentlichen entstandenen Harzgängen, die demgemäss auch nur in den mittleren Theilen des Blattes vorhanden sind, an dem Grunde und an der Spitze aber fehlen.

Die Structur ist hier wesentlich dieselbe wie in der Rinde des Stammes. Nur bei den Pinusarten werden die zartwandigen Parenchymzellen von stark verdickten Bastfasern umgeben.

Monokotyledonen. — Die Oberhaut des Monokotyledonenblattes bietet eine grosse Mannigfaltigkeit in ihrem Bau und bedarf es hier schon weit ausgedehnter Untersuchungen, um über diese wie über die anderen Verhältnisse des Blattbaues die nothwendige Uebersicht zu erlangen. Namentlich würden hier monographisch für die einzelnen Familien durchgeführte Beobachtungsreihen am Platze sein. Wir müssen uns hier nur auf einige Andeutungen beschränken, die mehr zur allgemeinen Kenntniss des Blattbaues leiten. Was die Form der Oberhautzellen betrifft, so sind dieselben auf dem Querschnitt entweder mehr oder minder zusammengedrückt, oder fast isodiametrisch oder nahezu pallisadenförmig (namentlich auf der Unterseite). In der Flächenansicht wechselt die Gestalt von dem isodiametrischen Vier-, Fünf- bis Sechseck (Smilaceen, Dracaeen, Orchideen, Liliaceen, Alismaceen u. s. w.) durch das weniggestreckte (Commelineen etc.) bis zum langgestreckten Polygon (manche Liliaceen, z. B. Allium Hyacinthus, Irideen).

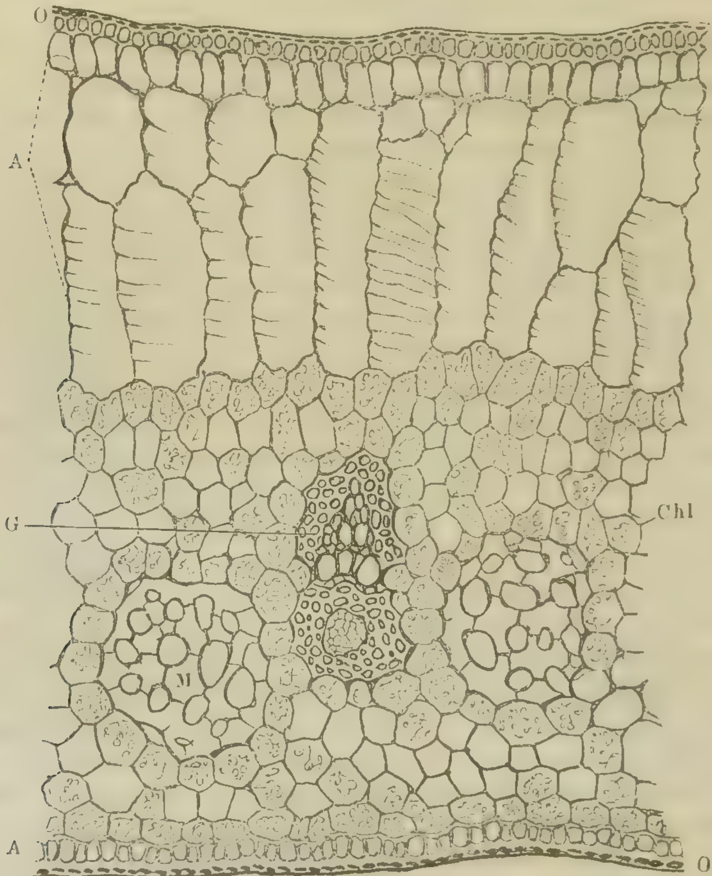
Für eine und dieselbe Pflanze wechselt die Form meistens etwas je nach der Blattseite. Die bedeutendste Veränderung erleidet dieselbe indessen bei den Arten, bei denen nicht die ganze Oberhaut aus sehr gestreckten Zellen zusammengesetzt wird. Hier ist die Gestalt je nach der Lage der betreffenden Zellen über den Spaltöffnungen oder über den Nervenbahnen eine verschiedene. In der Regel tritt über den letzteren eine mehr oder minder bedeutende Streckung ein, während über den ersteren sich ein Streben zur Isodiametrie, ja sogar zur Ausdehnung in die Querachse bemerklich macht.

Die secundäre Verdickung der Oberhautzellen ist bald geringer (Musa, manche Orchideen, Alisma, Clorophytum etc.), bald stärker (Aloe-, Gasteria- und Yuccaarten, Dasylirion, Ruscus, Palmen u. s. w.), immer einseitig nach Aussen, nur bei den Bromeliaceen nach Innen.

Die Spaltöffnungen treten bald nur einseitig und dann auf der Unterseite auf (die meisten Liliaceen, Orchideen, Asphodeleen), bald sind sie auf beiden Seiten anzutreffen, doch dann auf der Oberseite minder zahlreich (Dasylirion, Yucca, Bromeliaceen). Dieselben liegen theils in der Oberhaut etwas über dieselbe mit ihren Schlusszellen hervorragend (tropische Orchideen), theils mit derselben nahezu in gleicher Fläche (manche Liliaceen, z. B. Tulipa), theils mehr oder minder unter derselben (Clorophytum, Arthropodium, Aloe, Gasteria etc.), theils einzeln unter dieselbe (Dasylirion, Yucca), theils in Längsrinnen versenkt (Bromeliaceen), welche

dann hier und da noch durch eigenthümliche schuppen- oder haarartige Auswüchse der Epidermiszellen ausgezeichnet sind. Ihre Anordnung folgt dem Verlaufe der Nerven, so dass sie bei allen parallelnervigen Gattungen in Längsreihen liegen, bei den netzadrigen Blättern der Alismaceen und Aroideen aber zwischen diesen ohne bestimmte Ordnung zerstreut stehen.

Fig. 242.



Querschnitt durch das Blatt von Bromelia sp. *O* Oberhaut, *A* Aussenrinde der Oberseite, *Chl* Innenrinde, *M* Markgruppe, *G* Gefässbündel. Vergr. 1 : 150.

Eine Scheidung der Blattrinde in Aussen- und Innenrinde tritt nur in mehr vereinzelten Fällen auf. So besitzen Musa, Canna, Strelitzia, Maranta, Tradescantia, manche Palmen und die Bromeliaceen an beiden Blattseiten, andere, wie Phormium, manche Orchideen, mindestens an der Oberseite eine scharf ausgesprochene Aussenrinde, welche aus chlorophyllleeren, meist nahezu isodiametrischen oder einer wenig in der Richtung der Blattachse gestreckten, meistens wenig, bei den Ananasgewächsen dagegen stärker verdickten Zellen besteht, unter denen — namentlich

an der Oberseite — noch mehrere Lagen grosser chlorophyllleerer, nur wenig verdickter, hier und da schöne Spiralfasern zeigender (Bromelia sp.?) pallisadenförmiger Zellen erscheinen (Fig. 242).

Die Innenrinde oder, wo die eben beschriebenen Zellenlagen fehlen, die der Innenrinde entsprechende ganze Rindenlage zeigt hier gleichfalls mannigfache Abweichungen und besitzt nur insofern einen übereinstimmenden Bau, als dieselbe an der Oberseite immer aus dicht aneinanderschliessenden, an der Unterseite häufig aus minder dicht aneinanderschliessenden Zellen besteht. Das Pallisadenparenchym ist bei den Monokotyledonen entweder gar nicht vorhanden (Asphodeleen, Alismaceen) oder

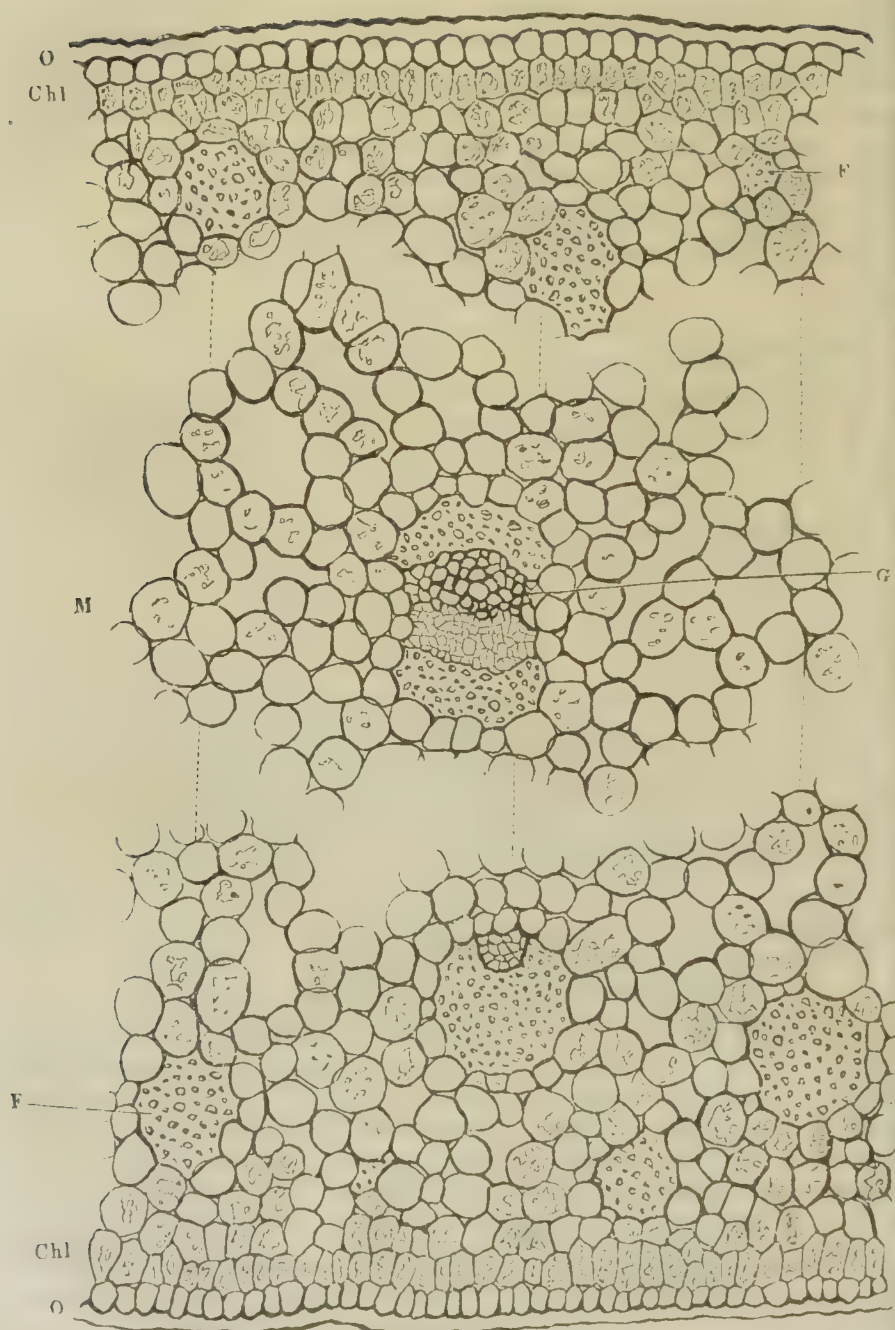
Fig. 243.



Querschnitt durch ein Fiederblättchen von Phoenix dactylifera. *O* Oberhaut, *A* Aussenrinde der Oberseite, *Chl* Innenrinde, *M* Markgewebe. Vergr. 1 : 120.

es zeigt nur eine geringere, oft kaum merkbare Verlängerung seiner Zellen senkrecht auf die Blattfläche (manche Liliaceen, z. B. Chlorophytum). In anderen soviel ich beurtheilen kann den minder häufigen Fällen ist es kenntlicher entwickelt, so z. B. bei den Musaceen an der ganzen Oberseite, wo es von dem durch die ganze, zwischen der Aussenrinde gelegenen Blattmasse sich erstreckenden Gefässbündel unterbrochen wird, bei manchen Palmen (Fig. 243) u. s. w. Als fremde Elemente erscheinen in dem Parenchym der Rinde — nur bei Pflanzen, denen die Aussenrinde fehlt (?) — vereinzelte Bastbündel (Yucca, Livistonia, Butomus u. s. w.) (Fig. 244), Milchsaftgefässe (Allium), Milchsaftgänge (Alisma), oder einzelne krystallführende längere röhrenförmige Zellen (Tradescantia), während hier und da auch der Basttheil des Gefässbündels bis in sie hinübertritt (Dasylirion, Phormium u. s. w., Fig. 244).

Fig. 244.



Theile aus dem äusseren und dem inneren Theile des Querschnittes durch das Blatt von Yucca aloefolia. *O* Oberhaut, *Chl* Rindengewebe, *M* Markgewebe, *FF* Bastfaserbündel in der Blattrinde, *G* markständige Gefässbündel. Vergr. 1 : 120.

Der Inhalt des Rindengewebes besteht zum grössten Theile aus stärkehaltigen Chlorophyllkörnern, die mehr oder minder dicht in dem Wandprotoplasma angehäuft sind. Ausserdem erscheinen aber auch theils gelöste, theils geformte anderweitige Bestandtheile, über welche man sich durch die Anwendung der schon aus dem zweiten Abschnitte bekannten Reactionsmethoden zu unterrichten hat. Krystalle des oxalsauren Kalkes trifft man, oft neben den in den schon erwähnten Zellen befindlichen Krystallnadeln, fast überall, entweder in allen Zellen der Aussen- und Innenrinde einzeln oder gehäuft (Tradescantia, Commelina), oder in einer Zellschicht dicht unter der Epidermis (Allium etc.), oder endlich in einzelnen abweichend gebauten Zellen (Iris, Aloe, Yucca, Musa etc.).

Durch ein sich mehr abrundendes Chlorophyllgewebe geht die Blattrinde mehr oder minder allmälig in das Markgewebe über. Dieses besteht, die Umgebung der Gefässbündel ausgenommen, wo es dichter gewebt erscheint, theils aus rundlichem, grosse Intercellularräume zwischen sich lassendem (Fig. 244), theils aus strahligem Parenchym, welches ein mehr oder minder entschieden ausgesprochenes Schwammgewebe bildet (Fig. 242). In einzelnen Fällen findet sich auch quergestrecktes Parenchym als Markgewebe (Phoenix, Fig. 243). Hier und da ist das ganze Blatt von zahlreichen grossen, durch einzellige Parenchymlagen begrenzten Luftgängen oder Luftlücken durchsetzt (Butomus umbellatus, Musa, Alisma, Calamus), oder es finden sich diese zwischen mächtigeren Parenchymlagen minder zahlreich ein (Bromeliaceen). Dieselben besitzen meistens aus schön sternförmigem Gewebe gebildete Querscheidewände, wie wir dieselben auch in dem Stengel derselben Gewächse finden.

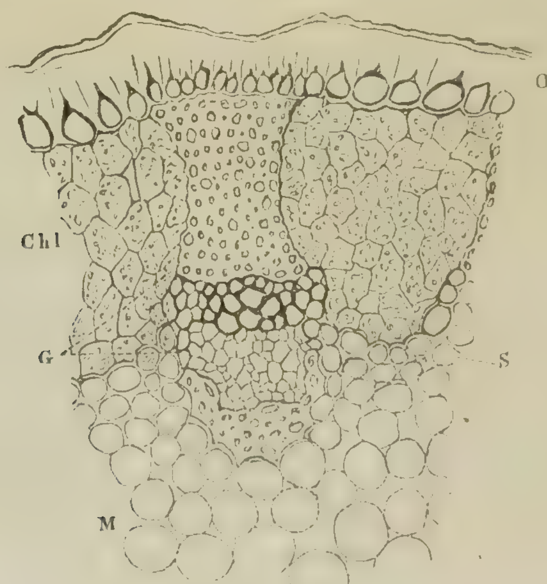
Die Stellung der Gefässbündel ist bei verschiedenen Familien und Gattungen eine verschiedene. Entweder stehen dieselben einzeln und von einer Bündelscheide umgeben, den Nerven entsprechend, inmitten des Markgewebes (manche Lilien und Asphodeleen, Tradescantia u. s. w.), oder sie durchziehen in langgestreckter Form die ganze Breite des Blattes und zwar, wo die Aussenrinde fehlt, von dicht unter der Oberhaut an, wo diese vorhanden ist, von deren Grenze an, die sich um das Bündel als Scheide fortsetzt (Irideen, Phormium [Fig. 245 a. f. S.], manche Bromeliaceen), oder es treten dieselben in mehreren Reihen auf, wie z. B. bei Yucca und bei Dasylirion, wo die grösseren Bündel in der Rinde, welche durch verdickte Zellen (gleichsam ein Analogon des Verdickungsringes) von dem Marke abgeschlossen wird, nebeneinander gereiht sind, während die kleineren in der Mitte des Markgewebes stehen (Fig. 246).

Im Baue zeigen die Gefässbündel kaum eine Abweichung von denen des Stengels, nur findet sich in der Regel der Holzkörper, sowohl was die Anzahl der Gefässe, als was die Holzfasern betrifft, ebenso das Faserbündel des Basttheiles stärker entwickelt (Fig. 242, 243 u. 245). Wo in dem Stengel die als Milchsaftgefäss bekannte eigenthümliche Modification der Bastgefässe (Siebröhren) vorkommt, da bleibt dieselbe auch in den Blät-

Fig. 245.

Querschnitt durch das Blatt von Phormium tenax. *O* Oberhaut, *A* Aussenrinde der Oberseite, *Chl* Innenrinde, *M* Markgewebe, *S* Bündelscheide, *G* Gefässbündel. Vergr. 1 : 120

Fig. 246.



Theil eines Querschnittes durch das Blatt von Dasylirion acrotriche. *O* Oberhaut, *Chl* chlorophyllführendes Rindengewebe, *G* Gefässbündel, *S* scheidenartiges Gewebe, *M* Mark. Vgr. 1 : 120

tern unter ähnlichen oder gleichen Stellungsverhältnissen (Musa, Caladium u. s. w.).

Im Blattstiele treten im Ganzen dieselben Verhältnisse des Baues auf, wie in der Blattspreite. Die Zellen der Epidermis sind indessen in der Regel mehr in die Länge gestreckt, so dass selbst da, wo deren Gestalt in der letzteren isodiametrisch erscheint, sie in den ersteren mehr oder minder in der Achse verlängert wird. Die Spaltöffnungen sind weniger zahlreich, sonst aber in beiden Theilen von gleichem Baue. In einzelnen Fällen tritt zwischen Rinde und Mark ein ganz entschieden ausgesprochener, sogar mächtig entwickelter verholzter Verdickungsring auf (Plectogyne).

Dikotyledonen. — Die Oberhaut ist hier zwischen den Nerven und deren Verzweiglinge stets von auf dem Querschnitt mehr oder minder tafelförmigen, bald vier- bis mehrseitigen polygonalen (Citrus, Hakea), bald strahlig mit geraden Zickzacklinien (Deutzia), oder völlig buchtig ineinandergreifenden (Fagus, Magnolia, Aucuba und überhaupt die Mehrzahl der Dikotyledonen) Zellen gebildet.

Ueber den Nerven weicht die Gestalt der Oberhautzellen in allen Fällen ab (wo diese nicht, wie bei den Crassulaceen, tief im Parenchym liegen), und geht in ein von geraden Seiten begrenztes, mehr oder minder in die Länge gestrecktes und schiefwinkliges Parallelogramm über.

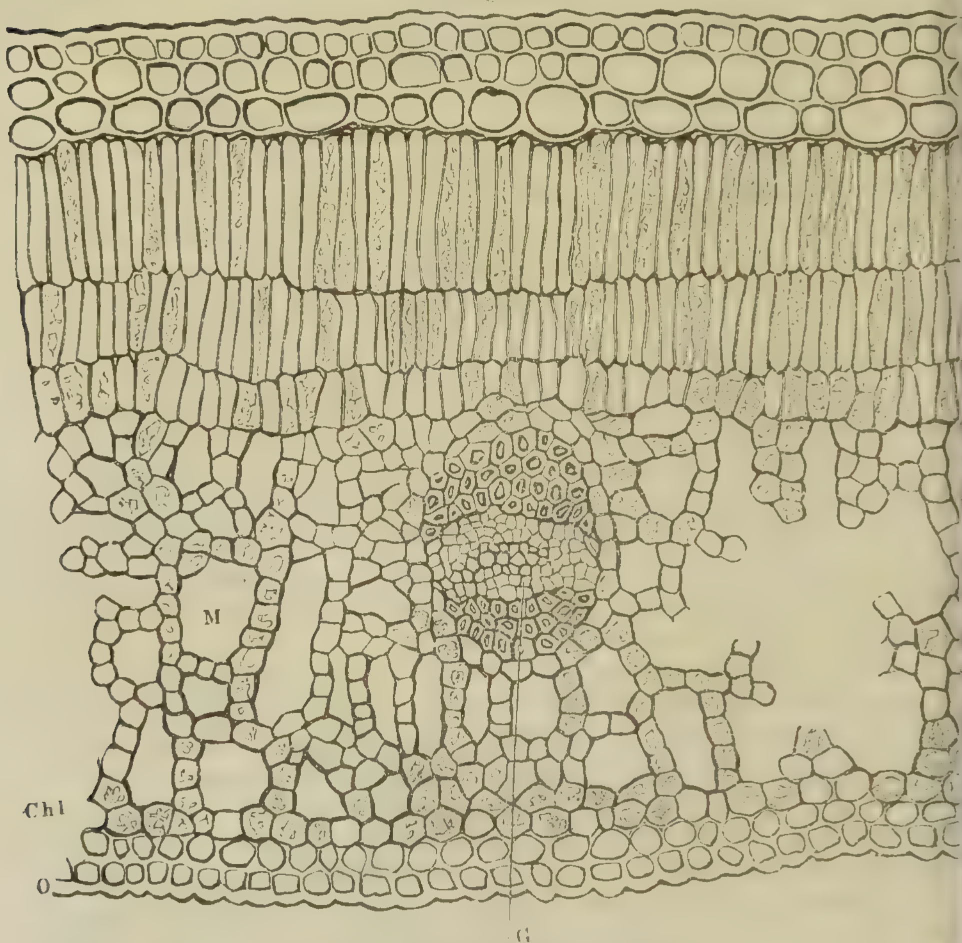
Die secundären Verdickungsschichten sind, soweit meine Beobachtungen reichen, immer nach der Aussenseite vorzugsweise, bald mehr bald minder mächtig entwickelt, nur bei manchen Proteaceen, z. B. Hakea, von Porencanälen durchsetzt.

Die Spaltöffnungen fehlen nur den in Wasser untergetauchten Blättern, z. B. den betreffenden Ranunculusarten, und einigen wenigen in der Luft vegetirenden Dikotyledonen (Monotropa und nach Schacht auch Epigogum Gmelini). Bei den auf dem Wasser schwimmenden Blättern (Ranunculus fluitans und Polygonum amphibium) gehören sie nur der Oberfläche an, bei den in der Luft vegetirenden dagegen sind sie meistens nur auf der Unterseite, hier und da aber auch auf beiden Blattseiten vorhanden. Sie sind meistens ohne bestimmte Ordnung zerstreut und mit ihrer Längsachse nach den verschiedensten Seiten gerichtet; nur in einzelnen Familien (Begoniaceen) treten dieselben zu kleineren oder grösseren Gruppen zusammen, während die umgebenden Oberhautzellen davon frei bleiben. Die Schlusszellen liegen in den meisten Fällen in der Epidermiszellenreihe höher oder tiefer; in selteneren Fällen (Hakea, Urostigma) sind sie mehr oder minder tief unter die Oberhaut oder gar in behaarte Gruben (Nerium, Banksia) versenkt.

Die Anhängsorgane der Oberhaut, welche wir in dem zweiten Abschnitte näher kennen lernten, gehören theils nur der unteren (Magnolia), theils beiden Blattflächen an und verdienen die gleiche Beachtung wie die Spaltöffnungen u. s. w.

Die Blattrinde der Dikotyledonen lässt mit Ausnahme der über den grösseren Nerven liegenden Stellen, wo dieselbe zum mindesten angedeutet, meistens aber ausgebildet ist (Fig. 247), nur in den selteneren Fällen eine Differenzirung in Aussen- und Innenrinde beobachten. Bei manchen hierhergehörigen Gewächsen ist eine deutliche, meist mehrschichtige Aussenrinde an beiden Blattseiten vorhanden (Urostigma elastica), bei

Fig. 247.

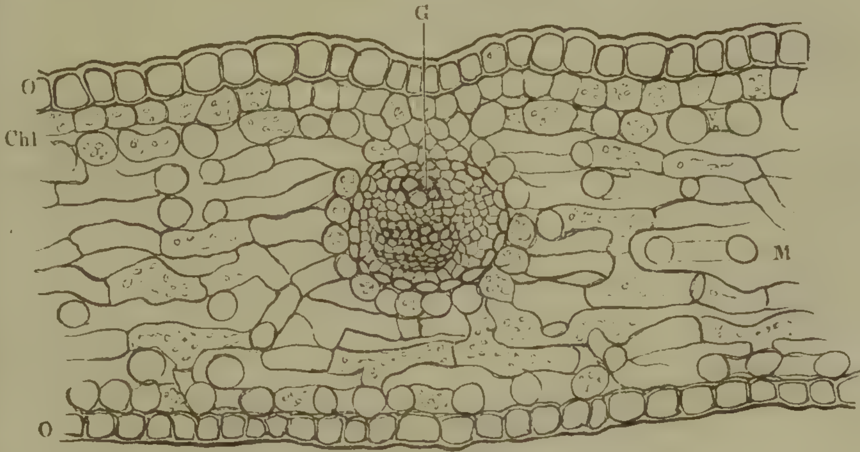


Querschnitt durch das Blatt von Aralia trifoliata. *O* Oberhaut, *A* Aussenrinde, *Chl* chlorophyllführende Innenrinde, *M* Markgewebe, *G* Gefässbündel. Vergr. 1 : 120.

anderen ist sie nur an einer Seite entwickelt (Magnolia-, Aralia-Arten etc. Fig. 247) und besteht aus bald mehr bald minder grossen, hier und da nach dem Blattinnern etwas verlängerten, mässig verdickten, chlorophyll leeren, dicht aneinanderschliessenden Zellen. Unter den von mir beobachteten Pflanzenarten besitzen die oben genannten, dann Ilex aquifolium Nerium Oleander, Begonia Prestoniensis, zebrina, Saudersonii u. a., Dipsacus fullonum, Veronica eine Aussenrinde.

Die Innenrinde besteht an der Oberseite der Blätter meist und auch dann, wenn dieselbe in der Oberhaut Spaltöffnungen enthält, aus einem deutlichen Pallisadenparenchym, das bald ein- bald mehrschichtig (Fig. 249, 250 u. 247) entwickelt ist und nach Innen durch ein mehr rundliches Gewebe in das Markgewebe übergeht. In einzelnen Fällen wird dasselbe durch isodiometrische chlorophyllführende Zellen ersetzt (Fig. 248). An der

Fig. 248.



Querschnitt aus dem Blatte von Eucalyptus globosus. *O* Oberhaut, *Chl* Rindengewebe der Oberseite, *M* Markgewebe, *G* Gefässbündel. Vergr. 1 : 100.

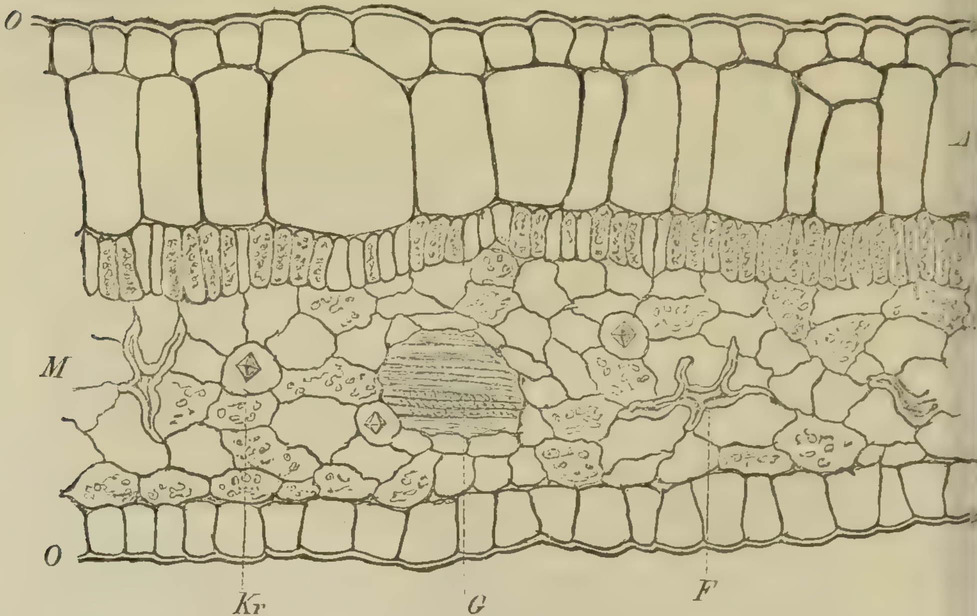
Unterseite ist die Pallisadenform entweder weniger deutlich ausgeprägt oder sie fehlt ganz und es tritt ein rundliches oder buchtig strahliges Gewebe auf (Fig. 248). Von eigenthümlichem Bau ist das Pallisadengewebe der Hakeaarten, indem es nicht dicht geschlossen ist und von gedrängten oder vereinzelt stehenden an Länge den Pallisadenzellen gleichen verdickten Zellen begleitet wird, welche in der Regel an der Epidermis und dem unter dem Pallisadenparenchym liegenden rundzelligen Chlorophyllgewebe mit verbreiterter Basis angefügt sind.

Als fremde Bestandtheile treten in dem Rindengewebe, wo dieselben im Stengel vorkommen, Milchsaftgefässe (Ficus), vereinzelte Bastzellen (Hoya, Olea fragrans, Begonia u. s. w., Fig. 249) oder zierlich verzweigte, kürzere, verdickte Zellen (Magnolia, Begonia, Fig. 249), ferner Behälter eigenthümlicher Säfte, Oeldrüsen und dergleichen (Citrus) auf. Einzelne krystallführende Zellen finden sich bei Pyrus, namentlich über den Gefässbündeln, bei Cytrus dicht unter der Oberhaut, bei Cissus autarcticus unter dem Pallisadengewebe (Fig. 250). In der Aussenrinde von Urostigma elasticum sowie von anderen Urticeen und Acanthaceen treten die eigenthümlich verdickten mit Kalk inkrustirten Zellkörper (Cystolithen) auf.

Inwieweit die aufgeführte Verschiedenartigkeit in dem Baue der Blattrinde, des Vorkommens von fremden Zellenelementen u. s. w. gan-

zer Familien, Untergruppen, Gattungen, inwieweit sie in diesen Kreisen nur gewissen Arten eigen sind, müssen vergleichende, darauf berechnete Untersuchungen darthun, für welche hier noch ein fruchtbares Feld sein dürfte.

Fig. 249.



Querschnitt aus dem Blatte von Begonia Lebrina. *O* Oberhaut, *A* Aussenrinde, *Chl* Innenrinde der Oberseite, *M* Markgewebe, *G* Gefässbündel (schief durchschnitten), *Kr* krystallführende Zellen, *F* verästelte bastfaserartige Zellen. Vergr. 1 : 120.

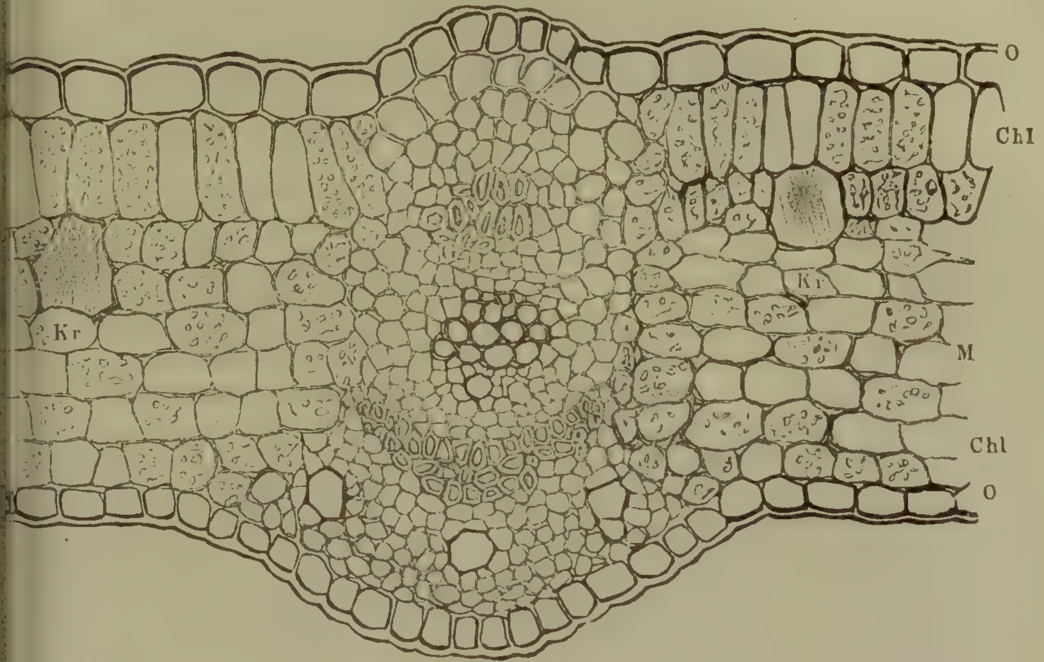
Das Markgewebe besteht aus mehr oder minder rundlichen (Fig. 250), oder aus unregelmässigen, buchtig strahligen Parenchymzellen und bildet in manchen Fällen ein deutlich ausgesprochenes Schwammgewebe (Fig. 249). Hier und da geht dasselbe auch in ein quergestrecktes Parenchym über (Magnolia). In anderen Fällen lässt es grosse Luftlücken und Luftgänge zwischen sich (Aralia, Fig. 247).

Die Gefässbündel lassen in der Regel sämmtliche Elemente beobachten, welche wir auch in dem Stamme finden (Fig. 250). Namentlich sind diejenigen der Hauptnerven vollständig und häufig auf dem Querschnitt von der Ober- bis zur Unterseite hin in langgezogener Form, oder allseitig um ein centrales Markparenchym gleichmässig entwickelt. Die Gefässbündel haben ihren Basttheil der Unter-, den Holztheil der Oberseite zugewendet und sind hier und da von einem Ringe dickwandiger Faserzellen umgeben.

Zur Untersuchung des histiologischen Baues der Laubblätter, der höheren Gewächse bedarf es der Querschnitte durch verschiedene Stellen und in verschiedenen Richtungen, um dadurch die Lagerungsverhältnisse der verschiedenen Gewebepartieen, den Bau der Spaltöffnungen, die Ver-

bindungsweise der Haare, Schuppen mit den Epidermiszellen zu ermitteln. Demnächst dünne oberflächliche Flächenschnitte an beiden Seiten

Fig. 250.



Querschnitt aus dem Blatte von Cissus autareticus. *O* Oberhaut, *Chl* chlorophyllführendes Rindengewebe, *M* Markgewebe, *G* Gefässbündel, *Kr* krystallführende Zellen. Vergr. 1 : 180.

zur Ermittelung der Formverhältnisse der Oberhautzellen, der Vertheilung der Spaltöffnungen, während tiefere ähnliche Schnitte über den Bau der Rinde, des Markgewebes und der Gefässbündel Aufschluss zu ertheilen haben. Für die genaue Kenntniss der Zusammensetzung der letzteren müssen Längsschnitte senkrecht zur Blattfläche geführt und zur Ermittelung der Gestalt und des feineren Baues der einzelnen Elementarorgane durch Maceration isolirte Zellen der Betrachtung unterworfen werden.

2. Die Blüthenhüllblätter.

Der Kelch. — Der Kelch und die kelchartige Blüthenhülle zeigen in ihrem Bau eine ziemliche Uebereinstimmung mit jenem des Laubblattes. Die Oberhaut besitzt auf der Unterseite Spaltöffnungen, während sie der Oberseite fehlen; auch treten bei ihr die schon früher betrachteten Anhangsorgane auf. Ihre Zellen sind in der Regel mehr oder minder einseitig verdickt. Eine so bestimmte Scheidung in Rinden- und Markgewebe, wie es bei dem Laubblatte der Fall ist, tritt hier nicht auf,

indessen lässt sich doch häufig ein äusseres, dichteres Parenchym von einem lockereren inneren, hier und da schwammförmigen Gewebe unterscheiden.

Die Gefässbündel sind weniger ausgebildet wie in dem Blatte. Sie enthalten meistens nur Ring- und Spiralgefässe, seltener einzelne netzförmige oder poröse Gefässe (Althea rosea), ebenso sind die faserförmigen Elemente nur schwach entwickelt.

Die Blumenkrone. — Die Oberhaut, welche sich durch ihre meist in die Länge gestreckte, bald geradlinige, bald buchtige Form ihrer Zellen in der Flächenansicht auszeichnet, ist hier weit weniger derbzellig wie bei dem Kelch und bildet die als Epiblem bezeichnete Form derselben. Während ihr die Spaltöffnungen durchgehends fehlen, tritt eine grosse Mannigfaltigkeit in der Entwickelung von papillen- und haarförmigen Erhebungen hervor, die namentlich von Einfluss auf die Verschiedenartigkeit des Glanzes sind.

Die Hauptmasse des Zellgewebes besteht bei den gefärbten Blumenblättern aus auf dem Querschnitt meist regelmässigen, nahezu vierseitigen Zellen, zwischen denen die nur schwach entwickelten Gefässbündel verlaufen, welche in der Regel nur einige wenige Ring- und Spiralgefässe nebst zartwandigen, gestreckten, dem Baste angehörigen Zellen enthalten und bei den milchenden Gewächsen von Milchsaftgefässen begleitet werden.

Von besonderem Interesse für die histiologische Betrachtung des Blumenblattes wie der gefärbten Perigonblätter wird die Vertheilung der Farbstoffe, über deren sonstige Verhältnisse wir bereits in dem ersten Abschnitte gehandelt haben, in den verschiedenen Zellschichten.

Die verschiedenen Verhältnisse, welche hier vorkommen können, sind folgende. Erstens es enthalten sämmtliche Zellen Farbstoffe, und zwar entweder die gleiche Farbe in allen Schichten, woraus die reinen Farben resultiren, oder verschiedene Farben in verschiedenen Schichten, welche Vertheilung dann die Mischfarben erzeugt.

Zweitens es sind nur die äusseren Zelllagen beider Seiten oder die äussere Schicht der Oberfläche gefärbt, während das übrige Zellgewebe einen farblosen Zellsaft führt. Ist der in diesen äussersten Schichten vorhandene Farbstoff nur ein einzelner, so ertheilt er der Blume die entsprechende Farbe, enthalten dieselben dagegen verschiedene Farbstoffe, welche in der Regel so vertheilt sind, dass in einem gefärbten Zellsafte geformte Farbstoffkörperchen anderer Art gelagert sind, so gehen daraus je nach den vorhandenen selbstständigen Farben verschiedene Mischfarben hervor.

Drittens bleiben die äussersten Zellschichten ungefärbt, während ein Theil oder alle inneren Parenchymlagen die Farbstoffe enthalten.

Für das Studium aller hier vorkommenden Verhältnisse können zarte Flächenschnitte in Verbindung mit Querschnitten dienen. Letztere

sind namentlich dann erforderlich, wenn man die Vertheilung der Farbstoffe in dem Zellgewebe zu ermitteln beabsichtigt.

IV. Fortpflanzungsorgane.

1. Fortpflanzungsorgane der Kryptogamen.

Pilze.

Organe der geschlechtslosen Fortpflanzung.

Die geschlechtslose Fortpflanzung der Pilze geschieht durch einfache Zellen, Sporen, welche je nach ihrer Entstehungsweise, ihrem Bau u. s. w. die Namen Schwärmsporen, Stylosporen u. s. f. tragen. Diese Sporen entstehen in oder an bestimmt geformten Zellen, welche im Allgemeinen als Sporenmutterzellen oder Sporangien bezeichnet werden, nach ihren verschiedenen Entwickelungsweisen und Stellungsverhältnissen aber gewöhnlich verschiedene Namen erhalten, wie Asci, Basidien u. s. w. In manchen erst durch die neueren Forschungen bekannt gewordenen Fällen kommen einer und derselben Pilzart mehrere Formen von Organen für die geschlechtslose Fortpflanzung zu. Weiter ausgedehnte Forschungen dürften ein gleiches Verhältniss in noch weiterem Umfange darthun, wodurch es gelingen würde, für viele als gesonderte Arten betrachtete Entwickelungsformen einer Art die verknüpfenden Fäden zu finden.

Die Entstehungsweise der Sporen ist zweifacher Art, indem sie entweder innerhalb ihrer Mutterzellen durch freie Zellenbildung oder durch Zelltheilung, wozu auch die sogenannte Abschnürung zu rechnen ist, gebildet werden.

Ruhesporen der Ascomyceten. — Bei dieser Gruppe, zu der mehrere Pilzfamilien gehören, entwickeln sich auf dem Fruchtkörper oder aus dem Lager unmittelbar in grösserer oder kleinerer Anzahl die Sporenschläuche in Form von Astzellen bestimmter Fäden des Pilzgewebes und vereinigen sich in der Regel mit zwischen sie gedrängten ein- bis mehrzelligen, meistens unverästelten, haarförmigen, mehr oder minder zahlreichen Fäden, den sogenannten Paraphysen, zu dem Hymenium (Fig. 251 u. 252 a. f. S.).

Die Sporenschläuche sind theils in die Länge gestreckt (Peziza, Helvella, Morchella, Sphaeria u. s. w., Fig. 251), theils kugelig (Tuberaceen, Fig. 253), bald von einer zarten (manche Pezizaarten, z. B. Melaena, Morchella), bald von einer einseitigen an der Spitze verdickten (Peziza leucoloma, Sphaeria typhina) und von einem Porencanal durchbrochenen, bald von einer allseitig verdickten (Sphaeria) und hier und da geschichteten Zellhülle umkleidet, welche sich in vielen Fällen durch Jodlösung bläut.

Zur Zeit der Entstehung der Sporen sondert sich das vorher gleichartige, feinkörnige, einige Vacuolen enthaltende Protoplasma meistens in



Fig. 251. Querschnitt durch den Fruchtkörper von Ascolobus pulcherrimus. — Fig. 252. Theil eines solchen Querschnittes mit Sporenschläuchen auf verschiedenen Entwickelungsstufen; stärker vergrössert. — Fig. 253. Schnitt aus dem Fruchtkörper der Trüffel (Tuber melanosporum). — Fig. 254. Ein einzelner Sporenschlauch daraus mit zwei reifen Sporen.

zwei deutlich unterscheidbare Schichten, eine homogene, mehr oder minder stark lichtbrechende (Epiplasma de Bary), welche entweder vollständig wandständig, oder bei den gestreckten Sporenschläuchen den oberen und unteren, oder nur den unteren Theil erfüllend erscheint, und eine körnige, welche entweder einen mehr oder minder aus dem Centrum gerückten kugeligen Hohlraum (Tuber), eine mittlere Querzone, oder nur den oberen Theil des Sporenschlauches einnimmt.

Die Entstehung der Sporen ist hier überall die gleiche, wie sie weiter oben (Abschnitt I., Seite 47) von Peziza geschildert wurde, und ist nur zu bemerken, dass sich das Vorhandensein der Tochterzellkerne nicht überall gleich deutlich beobachten, ja manchmal gar nicht nachweisen lässt.

Die Anzahl der in einem Sporenschlauche entstehenden Sporen scheint ziemlich constant zu sein. So beträgt dieselbe für die Mehrzahl der Pilze aus den Familien der Discomyceten und Pyrenomyceten 8, während sie bei einzelnen Arten 2, 4, 16, bei noch anderen eine höhere, dann aber nicht in regelmässig aufsteigender oder absteigender Reihe enthält. Bei den Tuberaceen unterliegt die Zahl grösseren Schwankungen, indem bald 4 bis 6, bald aber auch nur 1 bis 3 Sporen gefunden werden, was wahrscheinlich damit zusammenhängt, dass von den jugendlichen Sporen eine und die andere im Laufe der Entwicklung abstirbt und aufgesogen wird.

Zum Studium der Entwickelungsgeschichte der Sporenschläuche sowohl, als der Sporen müssen dem Fruchtlager auf den verschiedenen Stufen seiner Entwickelung mässig dünne Schnitte entnommen und

wenn erforderlich, die ersteren durch die Nadel unter dem Präparirmikroskope soweit als möglich blossgelegt werden. Die Anwendung von wasserentziehenden und färbenden Reagentien wird dann ausserdem in manchen zweifelhaften Fällen wünschenswerthe Aufschlüsse gewähren, während da, wo man den Entwickelungsprocess ungestört und in seiner Reinheit zu beobachten wünscht, die Umhüllung der Präparate mittelst einer der Bd. I. S. 271 beschriebenen Zusatzflüssigkeiten zu geschehen hat.

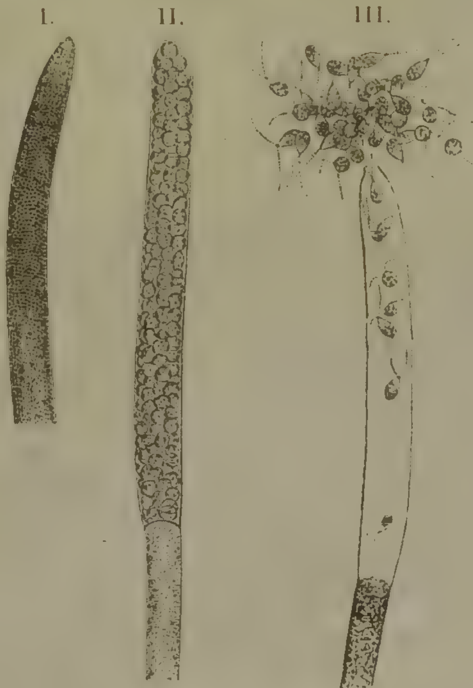
Ruhesporen der Uredineen. — Die Sporenmutterzelle ist hier eine mehr oder minder kugelförmige, von einer zarten Hülle umgebene Zelle, welche als Endzelle der fruchttragenden Fäden erscheint. Die Entwickelung der hier immer in sehr grosser Anzahl vorhandenen Sporen erfolgt in derselben Weise durch freie Zellenbildung, wie dies von den Schwärmsporen der Ulothrix weiter oben geschildert wurde (Fig. 255 I. u. II.).

Fig. 255.



Ascophora Mucedo.
I. Ganze Pflanze mit 6 Sporangien in verschiedenen Entwickelungszuständen; stark vergrössert. II. Einzelnes Sporangium mit den Sporen *b*. Vergr. 1 : 200.

Fig. 256.



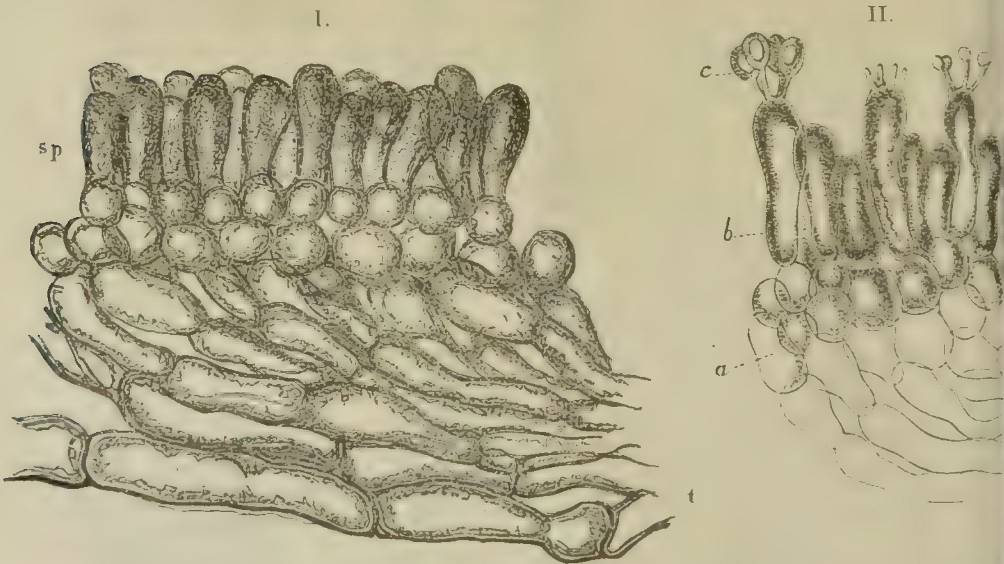
I. Ende eines Pilzfadens von Saprolegnia ferax. II. Das Protoplasma des Fadenendes hat sich zu Kugeln zusammengeballt. III. Die Kugeln haben 2 Wimpern erhalten und treten als Schwärmsporen aus der Zelle aus. Vergr. 1 : 300.

Schwärmsporen. — Schwärmsporen sind bei den Pilzen bis jetzt nur bei den im Wasser lebenden Saprolegnieen und bei den Peronosporeen aufgefunden worden. Dieselben entstehen in Endzellen der Fäden, welche sich meistens erweitern und von denen entweder je nur eine oder mehrere nach einander aus demselben Schlauche hervorgehen, ganz in der Weise wie die Schwärmsporen der Algen durch freie Zellenbildung, und werden durch Zerreissen am Ende oder an der Seite frei (Fig. 256 I., II. u. III.).

Durch Abschnürung entstandene Ruhesporen. — Der Entwickelungsprocess ist hier insofern ein verschiedener, als entweder gleichzeitig und nur einmal von derselben Mutterzelle eine kleine Anzahl von Sporen abgeschnürt werden, oder mehrere Abschnürungen nach einander erfolgen.

Die meistens in keulenförmiger Gestalt auftretenden, zartwandigen Mutterzellen haben bei dieser Gruppe der Pilze den Namen Basidien (Sporenträger) erhalten, weil die Sporen vor ihrer Abschnürung derselben auf ihrer oberen Wand aufgesetzt erscheinen. Bei den Hymenomyceten und Gasteromyceten, wo dieselbe Mutterzelle nur einmal Sporen abschnürt, stehen die Basidien in Begleitung von mehr oder minder deutlich ausgesprochenen Paraphysen bei den ersteren in grosser Zahl bei einander senkrecht auf der Hymenialschicht, während sie bei den letzteren die Kammern des Fruchtträgers fast vollständig ausfüllen. Sie entstehen aus den Fäden des unter dem Hymen gelegenen Gewebes und bilden Endzellen derselben, die sich theils durch ihre oben beschriebene Gestalt, theils durch ihren feinkörnigen, hier und da von Vacuolen unterbrochenen protoplasmatischen Inhalt auszeichnen (Fig. 257 I. u. II.).

Fig. 257.



I. Schnitt durch die Lamelle von Amanita muscaria. *sp* Sporenträger. Vergr. 1 : 360
II. Partie eines Längsschnittes durch die Fruchtlamelle von Amanita rubescens. *a* Scheinparenchym, *b* Basidien, *c* Sporen. Vergr. 1 : 400.

Die sich zur Sporenbildung anschickenden Mutterzellen sind in den meisten Fällen daran kenntlich, dass sie 2 bis 4 stielrunde, pfriemenförmige Ausstülpungen aus ihrer abgerundeten Spitze emportreiben. Etwas spätere Zustände, in denen das Stielchen seine definitive Länge erreicht hat, welche bei verschiedenen Gattungen und Arten wechselt, zeigen eine Anschwellung dieser letzteren an ihrer Spitze, welche sich solange vergrössert, bis

sie die Gestalt und Grösse der fertigen Sporen erreicht hat. Zu gleicher Zeit tritt der Inhalt der Basidie in diese Anschwellungen mehr oder minder vollständig über, es verdickt sich die Hülle der Tochterzellen und schliesslich grenzen sich dieselben an der Spitze des Stielchens, aber etwas unterhalb der Peripherie der ersteren, von ihrer Mutterzelle ab (Fig. 257 II.).

Wo dieselbe Mutterzelle mehrmal hintereinander Sporen abschnürt, deren Entwickelungsgang übrigens mit dem eben beschriebenen im Wesentlichen übereinstimmt, da bilden sich entweder sogenannte Sporenköpfchen (Dactylium macrosporum [Fr.], Sphaeria typhina [Cord.]), oder einfache (Penicillium glaucum, Erysiphe) oder verästelte Sporenketten (Dermatium vulgare, Penicillium olivaceum). Die erstere Form wird dadurch bedingt, dass neben zuerst auf der Spitze entstandenen Sporen, dicht neben deren Ansatzstelle, aus dem Stielchen eine neue Anschwellung hervortreibt und jene zur Seite drängt, um die Spitze des Stielchens einzunehmen und sich zur Spore auszubilden und dieser Process sich noch mehremale wiederholt. Die andere wird dadurch hervorgerufen, dass unter der ersten Spore an der Spitze des Stielchens eine zweite Anschwellung entsteht und sich zur Spore entwickelnd jene senkrecht vor sich herschiebt u. s f. Die dritte Form ist wesentlich davon abhängig, dass auf derselben Basidie mehrere bis zahlreiche Sporenanfänge auftreten und aus den Enden der jungen Sporen endständig oder mehrseitig neue Sporenanfänge hervorsprossen.

Sporenbildung durch Theilung.

Aus dieser Art der Sporenbildung gehen jene Vereinigungen von Fortpflanzungszellen hervor, welche man wohl als zusammengesetzte Sporen bezeichnen kann und wie sie z. B. bei Puccinia, Phragmidium, bei manchen Sphaerien u. s. w. vorkommen. In einer Mutterzelle entstehen hier, ganz wie bei der vegetativen Zelltheilung (ein vollkommenes Analogon bietet die Theilung der Spore von Pellia), zwei bis mehrere Tochterzellen, welche bald reihenweise, bald flächenartig, bald nach allen drei Dimensionen des Raumes zusammengeordnet sind, Zellreihen, Zellflächen oder Zellkörper bilden, und von denen jede einzelne keimungsfähig ist.

Fig. 258.



Zusammengesetzte Spore von Sphaeria Scirpi, nach de Bary. Vergr. 1 : 390.

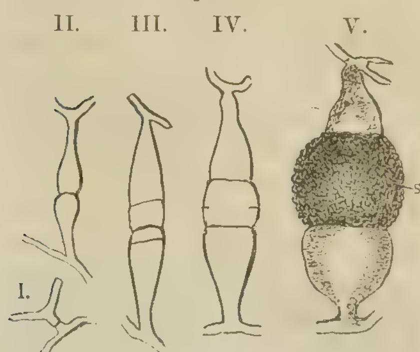
Zum Studium der betreffenden Entwickelungsvorgänge bei der Sporenbildung durch Abschnürung und normale Theilung dienen bei den Hymenomyceten und Gasteronomyceten feine Schnitte durch den Fruchtträger resp. das Hymenium und die Fruchtkammer, wobei der Umstand noch sehr zu statten kommt, dass man hier häufig eine ganze Reihe von Entwickelungszuständen beisammen erhält, indem verschiedene Basidien verschieden weit fortgeschrittene Stadien enthalten. Für die übrigen Familien und Gattungen genügen oft einfache Präparationsweisen, die sich je nach

den waltenden Umständen zu richten haben. Bei manchen wird indessen ein Schnitt durch dasjenige Organ der höheren Pflanze verlangt, auf welchem der betreffende Pilz seinen Standort hat.

Organe der geschlechtlichen Fortpflanzung.

Der am längsten bekannte und einfachste Befruchtungsvorgang bei den Pilzen besteht in der Copulation, welche bisher nur bei zwei Arten der Mucorinen, nämlich Rhizopus nigricans und Syzygites megalocarpus, beobachtet wurde. Der Prozess ist ziemlich einfach. Wo zwei Schlauchzellen sich berühren, da treiben sie zwei anfangs cylindrische, den Schlauchzellen gleichende Aussackungen einander entgegen (Fig. 259), die mit ihren Enden fest aneinander hängen und zu grossen keulenförmigen Körpern, den Fruchtträgern, heranwachsen. Nach und nach füllen sich die beiden Keulen dicht mit körnigem Protoplasma an und es trennt sich nach Erreichung einer bestimmten Grösse der obere breitere Theil durch eine Scheidewand von dem unteren Basaltheile, der zum Träger der Spore wird. Die beiden Copulationszellen, welche bei Rhizopus von ungleicher Grösse sind und von denen die eine mehr scheibenartig, die andere cylindrisch erscheint, bleiben noch eine Zeit lang nach der Vereinigung durch eine doppelte Wand getrennt. Bald indessen wird diese durchlöchert, verschwindet nach und nach gänzlich und die beiden Zellen verschmelzen zu einer einzigen Fortpflanzungszelle, der sogenannten Zygospore, welche noch fortwächst und eine verhältnissmässig bedeutende Grösse bis zu 0,2 Mm. erreichen kann. Ausgewachsen haben diese Sporen eine tonnenförmige Gestalt, besitzen einen grobkörnigen, protoplasmatischen, mit grossen Oeltropfen gemengten Inhalt und eine stark verdickte, aus zwei Schichten, dem Exosporium und Endosporium, zusammengesetzte Hülle. Das erstere nimmt eine blauschwarze Färbung an und ist auf seinen freien Aussenflächen mit dicken, nach innen concaven Warzen besetzt, das andere ist farblos und mit in jene des Exosporiums hineinragenden Warzen bekleidet.

Fig. 259.

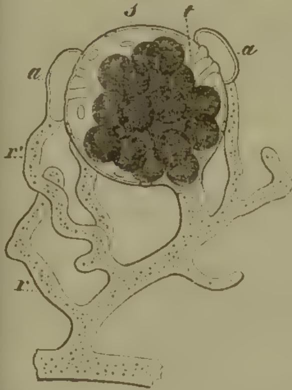


Bildung der Jochsporen bei Rhizopus nigricans. Entwickelungsfolge nach den Zahlen. V. mit reifer Spore *s*. Vergr. 1 : 60.

Ein mit jenem der höher stehenden Algen verwandter Befruchtungsvorgang, bei dem zwei verschieden gebaute Zellen thätig sind, ist erst in neuerer Zeit entdeckt worden und mit Sicherheit nur bei den Saprolegnieen und Peronosporeen beobachtet. Das weibliche Organ oder Oogonium (Pringsheim) entsteht als grosse, kugelige, dicht mit Protoplasma an-

gefüllte Zelle entweder auf den Enden kurzer Aeste der Schlauchzellen des Lagers oder seltener inmitten der Pilzschläuche. Nachdem das Oogonium ausgewachsen ist, gehen aus dessen Inhalt entweder mehrere kugelige, blos von der Zellhaut umkleidete Zellen (Saprolegnia) oder nur eine einzige von einer wässerigen oder doch nahezu homogenen Flüssigkeit umhüllte Zelle (Pythium, Peronospora, Saprolegnia), die Keimzelle (Befruchtungskugel Pringsheim's), hervor. Noch während das Oogonium in seiner Entwickelung begriffen ist, wachsen von demselben Schlauche, der es trägt, oder von benachbarten Schläuchen des Lagers aus eine (Peronospora) oder mehrere (Saprolegnia) dünne, cylindrische, hier und da gekrümmte oder sich um den Oogoniumträger windende Aeste gegen dasselbe heran und legen sich mit ihren freien Enden fest gegen seine Zellhülle an. Jetzt hört deren Längenwachsthum auf, dagegen schwellen sie in ihrer sich mit Protoplasma mehr oder minder stark anfüllenden Spitze an und grenzen sich durch eine Querwand zu einer selbständigen, länglichen, gekrümmten, dem Oogonium fest mit ihrer concaven Seite anliegenden Zelle, dem Antheridium, ab. Auf dieser Entwickelungsstufe der beiden Fruchtorgane treiben die letzteren einen oder mehrere schlauchförmige Fortsätze, welche die Zellstoffhülle des Oogoniums durchbohren und bis zwischen oder an die Aussenseite der Keimzelle in dasselbe hineinwachsen. Dort angelangt bleiben diese Fortsätze entweder geschlossen (Peronospora) oder sie öffnen sich an der Spitze und lassen kleine, in lebhafter Bewegung begriffene Körperchen austreten (Saprolegnia), welche wohl als die befruchtenden Elemente, d. h. die Samenfäden, zu betrachten sein dürften. Jetzt erst umkleidet sich die Keimzelle mit ihrer Zellstoffhülle und wird zur sogenannten Oospore.

Fig. 260.



Saprolegnia monoica. Befruchtungsvorgang, *a* Antheridien, *t* Befruchtungsschläuche, welche in das Oogonium *s* eindringen, *r* und *r'* Mycelfäden.

Man hat die Pilzarten, welche den eben geschilderten Befruchtungsprocess beobachten lassen, als monöcische bezeichnet. Bei einer anderen Gruppe (Achlya dioica und Saprolegnia dioica) finden sich dagegen nach den Beobachtungen von Pringsheim auf getrennten Pilzschläuchen Organe, welche als Antheridien zu betrachten sind. Hier theilen sich nämlich dicke aus dem Lager sich erhebende Schläuche durch Querscheidewände in Längsreihen cylindrischer Zellen, welche die Antheridien vorstellen. Bei Saprolegnia zerfällt deren ganzer Inhalt in kleine stabförmige Samenkörperchen, welche in lebhafter Bewegung aus einer kurzen sich öffnenden Ausstülpung entlassen werden; bei Achlya entwickeln sich zunächst Samenfadenzellchen, in denen dann die stabförmigen Körperchen entstehen, welche erst die Wand der ersten durchbrechen und dann entlassen

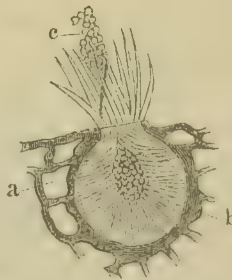
werden. Aller Wahrscheinlichkeit nach treten die Samenkörperchen in die bei diesen beiden Arten sich vorfindenden Oeffnungen der Oogoniumzellhülle ein und bewirken so die Befruchtung der Keimzellen. Einige andere Vorgänge, welche wohl ebenfalls als Befruchtungsprocesse zu deuten sein dürften, bedürfen noch näherer Aufhellung, wie überhaupt auf diesem Gebiete noch manches Dunkel zu lichten und ein weites Feld für fruchtbare Forschungen namentlich der sich mit den Pilzen ausschliesslicher beschäftigenden Mikroskopiker vorhanden ist. In dieses Gebiet der noch zweifelhaften Organe gehören namentlich auch die Spermatien genannten kleinen, stabförmigen oder ovalen, häufig gekrümmten Körperchen, welche sich namentlich bei den Ascomyceten und Uredineen finden. Die Spermatien finden sich theils zugleich mit Ascis (Peziza benesuada, nach eigenen Beobachtungen auch Peziza leuculoma), theils in besonderen Hymenien (Cenangium Fraxini Tul., Peziza arduennensis Mont. und mehreren Dermateaarten). Dieselben entwickeln sich theils unmittelbar aus dem Hyphen (Fig. 261), theils in besonderen Behältern, Spermagonien (Fig. 262), werden entweder einzeln oder reihenweise auf der Spitze von einfachen, kurzen und schmalen (Uredoarten), oder mehrfach verästelten, ebenfalls schmalen Fäden (Peziza leuculoma), oder in letzterem Falle auch hier und da seitlich (Peziza benesuada u. a.) abgeschnürt und entstehen in der Regel in grosser Menge beieinander.

Fig. 261.



Spermatien abschnürende Fäden umgeben den Sporenschlauch eines Becherpilzes (Peziza).

Fig. 262.



Puccinia graminis. *a* und *b* Zellen der Nährpflanze (Berberis vulgaris), das Spermogonium entleert die Spermatien *c*. Vergr. 1 : 200. Nach de Bary.

Bau der Sporen. — Der Bau der Sporen, namentlich der Ruhesporen, wird für die systematische Anordnung der Pilze von Wichtigkeit und bedarf deshalb der aufmerksamsten Berücksichtigung.

Was zunächst den allgemeinen Bau betrifft, so besitzen alle eine Zellhülle, in der man mehr oder minder deutlich zwei Schichten, die Aussenhülle, Exosporium, und die Innenhülle, Endosporium, unterscheiden kann, und von denen die eine oder die andere oder beide stärker verdickt und geschichtet sein können.

Die Aussenhülle erscheint meist in verschiedener Weise gefärbt, seltener farblos; ihre Oberfläche ist entweder glatt oder mit nach Aussen vorstehenden Verdickungen versehen, welche die Form von Warzen,

Stacheln, welligen Streifen, netzförmig verbundenen Leisten annehmen und in verschiedener Stärke entwickelt sein können.

Die Innenhülle ist glatt, meist farblos oder doch nur wenig gefärbt und von ziemlich weicher Beschaffenheit.

Bei manchen Arten lassen sich in der Zellhülle Poren beobachten, welche in meist bestimmter Zahl, sowie in regelmässiger Stellung und Vertheilung auftreten und insofern für die Charakterisirung von Wichtigkeit werden.

Um die chemische Beschaffenheit sowie die Structur der Zellhülle zu erforschen, bieten die verschiedenen bei der Untersuchung der Zellhülle überhaupt angewandten Reagentien oft treffliche Mittel. Namentlich empfiehlt sich für den letzteren Zweck der Gebrauch von concentrirter Schwefelsäure.

Ueber der eigentlichen Hülle scheiden sich nicht selten noch eigenthümliche Anhängsel und Umhüllungen von einer weichen gallertartigen, in Wasser stark quellenden und schliesslich zerfliessenden Masse aus, die für die specifische Charakteristik ebenfalls nicht ohne Wichtigkeit sein dürften und daher nicht ausser Acht gelassen werden sollten.

Der Zellkern fehlt im jungen Alter keiner Spore, lässt sich aber in höherem Alter oft nur schwer oder gar nicht erkennen, weil er durch den dann veränderten Inhalt verdeckt wird. Um denselben aufzufinden bedarf es daher meistens einer sorgfältigen Verwendung der optischen und chemischen Hilfsmittel, namentlich auch der die Oele lösenden. Ausserdem hat man wohl darauf zu achten, dass man nicht andere Inhaltskörper mit demselben verwechselt und so — wie das hier und da geschehen ist — Dinge für Zellkerne anspricht, welche es durchaus nicht sind.

Der Inhalt besteht aus einem meist homogenen, seltener körnigen Protoplasma, welches entweder als Wandbeleg eine wässerige Zellflüssigkeit einschliesst oder fast das ganze Innere einnimmt und in der Regel ungefärbt oder nur schwach gelblich erscheint. Dasselbe schliesst häufig mehr oder minder zahlreiche Tröpfchen von fettem Oele ein, die bald regellos vertheilt sind, bald an bestimmten Stellen auftreten, wie z. B. bei den elliptischen Sporen einzelner Pezizen, wo in jeder Spore zwei Oeltropfen in die beiden Brennpunkte der Ellipse gestellt sind.

Flechten.

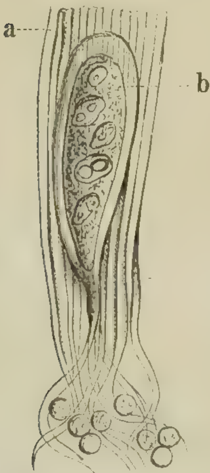
Für die Flechten ist bis jetzt nur eine ungeschlechtliche Fortpflanzung entweder durch Sporen oder durch Soredien bekannt. Einige andere mit der Fortpflanzung wohl in einer oder der anderen Weise zusammenhängende Organe, die Spermatien und Pycniden, sind ihrer Function nach noch nicht näher erforscht.

Fortpflanzung durch Sporen. — Die Sporen entstehen in Sporenschläuchen, Asci, welche zu einem besonderen Fruchtstande, dem Apothecium, vereinigt beisammenstehen.

Die Apothecien sind theils ähnlich gebildet wie die Fruchtbecherchen der Pezizen u. s. w., theils gleichen sie den sogenannten Perithecien der Pyronomyceten. Dieselben zeichnen sich bei manchen Flechtengattungen durch eine eigenthümliche Färbung (Cladonia, Peltigera u. s. w.) oder durch eine körnige Bereifung aus (Hagenia). Erstere gehört theils der Zellhülle an, theils wird sie durch eine structurlose Masse hervorgerufen, welche der Hymenialfläche aufgelagert ist; letztere bildet eigenthümliche körnige Einlagerungen, wie sie auch häufig in dem Lager vorkommen.

Die Sporenschläuche (Asci, Fig. 263) entstehen aus sich schon in den frühesten Anlagen der Apothecien differenzirenden Zellenfäden, welche reicher an Protoplasma, dicker und ohne Querwände sind und sich zahlreich verzweigt zwischen das übrige Hyphen einflechten. Diese senden aufrechte Aeste zwischen die Paraphysen, welche sich zu den Sporenschläuchen ausbilden, die an Gestalt ganz denen der keulenförmigen Ascis der Pezizen, Helvellen u. s. w. gleichen.

Fig. 263.



Sporenbildung von Parmelia parietina.
a Paraphysen, *b* Sporenschlauch mit Sporen auf verschiedenen Entwickelungsstufen.

Die Zellhülle ist in der Regel von gelatinöser Beschaffenheit, bald mehr, bald minder mächtig entwickelt, und in letzterem Falle die secundäre Verdickung hier und da geschichtet und in Wasser stark aufquellend. Der Inhalt besteht aus einem meist an Oeltropfen reichen Protoplasma, welches vor der Entstehung der Sporen das Lumen des Schlauchs fast vollständig ausfüllt.

Die Sporen entstehen inmitten des Protoplasmas durch freie Zellenbildung in ähnlicher Weise wie bei Peziza u. s. w. Dieselben werden zu gleicher Zeit angelegt, entwickeln sich aber häufig ungleichmässig, so dass man in demselben Sporenschlauche oft genug Sporen von der verschiedensten Ausbildung findet. Die Zahl der in einem Schlauche entwickelten Sporen beträgt in der Regel acht. Doch finden sich auch Ausnahmen und man trifft bei verschiedenen Gattungen ein- bis zwei- (Umbilicaria), zwei- bis drei-, vier- bis sechs- (Pertusaria), sowie vielsporige (Bactrospora Mass.) Sporenschläuche.

Der Bau der Sporen zeigt hier dieselben Verschiedenheiten, welche schon weiter oben bei dem Bau der Pilzsporen hervorgehoben worden sind.

Um die Entstehung der Sporen zu verfolgen, sind zarte Querschnitte durch die Apothecien nothwendig, und muss man suchen — was wegen des Verklebens mit den umgebenden Paraphysen allerdings nicht immer

so recht gelingen will — einzelne Sporenschläuche zu isoliren. Aber auch dann werden sich der Beobachtung der jüngsten Zustände noch Schwierigkeiten entgegenstellen, welche in der starken Trübung des Protoplasmas durch die in demselben vertheilten Oeltröpfchen ihren Grund haben. Die erforderliche Geduld und zahlreiche Untersuchungen namentlich der grosssporigen Gattungen werden aber doch schliesslich zum Ziele führen.

Fortpflanzung durch Soredien. — Die Soredien, welche nur gewissen Gattungen der heteromeren Flechten (Usnea, Parmelia, Pertusaria, Ramalina etc.) zukommen, treten meist in grösserer oder kleinerer Anzahl zu eigenthümlichen Körpern, den Soredienhaufen, vereinigt an die Oberfläche des Lagers. Sie bilden dicke Polster oder Wülste und stehen bald regellos über das letztere zerstreut, bald sind sie an bestimmte Stellen desselben z. B. an den Rand der Lappen, gebunden. Diese Organe entstehen in der Gonidienschicht des Lagers, indem Gonidiengruppen sich mit einer eigenthümlichen Hülle aus Faserzellen umgeben (Fig. 264). Die

Fig. 264.



Entwickelung der Soredien. a. Gonidiengruppe von acht Zellen, b. ähnliche weiter fortgeschrittene Gruppe, c. fertiges Soredium im Längsschnitte, d. ebenso, die Gonidien haben sich weiter getheilt, e. keimendes Soredium, f. weiter entwickelt. Vergr. 1 : 500 bis 700.

Entwickelung beginnt mit der Theilung eines Gonidiums, aus deren Fortsetzung Gonidiengruppen hervorgehen, von denen sich jedes einzelne Individuum mit einer Faserhülle umgiebt, um dann rasch zu wachsen und den Process der Theilung und der Hüllenbildung von Neuem zu beginnen. Auf diese Weise häufen sich die aus zahlreichen von einer Faserhülle umgebenen einzelnen Gonidien, dem Soredium bestehenden Gonidiengruppen unter der Rinde dermassen an, dass sie die letztere durchbrechen und dann von einer nur lose gewebten Hülle umgeben als die beschriebenen Körperchen an der Oberfläche erscheinen. Die Farbe der Soredienhäufchen correspondirt in der Regel mit der der Gonidien; wo dieselbe abweichend erscheint, wird sie durch die Farbe der Zellwand ihrer Faserhülle hervorgerufen.

Da die Soredien unter günstigen äusseren Verhältnissen zu einem neuen Flechtenlager werden können, welches sich aus der Hülle jedes einzelnenArbeits Sorediums entwickelt, so müssen sie zu den ungeschlechtlichen Fortpflanzungsorganen gezählt werden und dürften etwa den Brutknospen der Moose u. s. w. zu vergleichen sein.

Die Spermatien. — Die neueren Untersuchungen haben dargethan, dass die Spermatien unter den Flechten ziemlich allgemein verbreitet sind. Dieselben stimmen wiederum im Wesentlichen mit den gleichen Organen der Pilze überein und sind in eigene einfache oder gekammerte Behälter, die Spermagonien, eingeschlossen. Die letzteren kommen entweder (in der grossen Mehrzahl der Fälle) mit den Apothecien auf denselben Pflänzchen vor, oder sind auf besondere Pflänzchen verwiesen. Im ersteren Falle entwickeln sie sich entweder gleichzeitig mit oder schon vor dem Apothecium und sind entweder ohne Ordnung über das Lager zerstreut oder sitzen am Rande der Lappen oder an den Spitzen der Zweige, an denen sie derart eingesenkt erscheinen, dass nur ihr oberer Theil mit dem Mündungscanale in Form einer mehr oder minder dunkelbraun gefärbten rundlichen Erhebung hervorragt. Ihre Wand besteht in der Regel aus zwei Zellschichten, von denen die äussere dunkle, derbe, die innere aber zarte, farblose Zellhüllen besitzt. Von der letzteren Zellschicht aus entstehen die Träger der Spermatien (Sterigmen), welche nach dem Mittelpunkte des Behälters convergiren und dessen Höhlung fast gänzlich ausfüllen. Die Spermatien, welche auf den Spitzen der Träger abgeschnürt werden, bilden kleine stabförmige, schmal spindelförmige oder längliche Körperchen, über deren Betheiligung an der Fortpflanzung wir noch im Dunkeln sind, die aber möglicherweise männliche Organe vorstellen.

Die Stylosporen. — Diese Organe sind nur bei einzelnen Flechtenarten beobachtet und zwar in den Spermagonien ähnlichen Behältern, den Pycniden. Von den Spermatien unterscheiden sich die Stylosporen nur insofern, als sie grössere Zellen bilden. Eine Keimung derselben ist bis jetzt noch nicht beobachtet worden.

Algen.

Den Algen kommt eine doppelte, geschlechtslose und geschlechtliche Fortpflanzung zu, von denen die letztere allerdings noch nicht überal nachgewiesen ist, aus der aber höchst wahrscheinlich alle Ruhesporen hervorgehen.

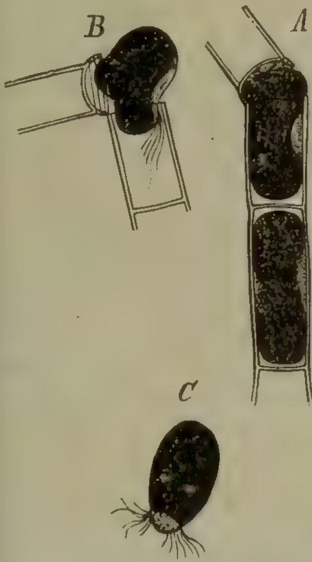
Organe der geschlechtslosen Fortpflanzung.

Die geschlechtslose Fortpflanzung der Algen wird durch Schwärmsporen vermittelt. Dieselben entstehen entweder zu mehreren (Ulothrix) oder einzeln (Oedogonium, Vaucheria, Fig. 265) in ihren Mutterzellen deren Inhalt sie völlig zu ihrer Entwickelung verbrauchen. In der grossen Mehrzahl der Fälle sind die Mutterzellen zwischenständige Zellen des Fadens, seltener (Vaucherien) bilden dieselben Endzellen der Fäden

welche sich erst kurz vor der Schwärmsporenbildung von diesen durch Theilung getrennt haben.

Auf die Entwickelungsweise brauchen wir hier nicht näher einzugehen, da sie weiter oben (unter Zellenbildung) bereits ihre Erledigung gefunden. Es bleibt nur übrig darauf hinzuweisen, dass je nach den Gattungen Einzelnheiten in der Entwickelungsweise vorkommen, so die von Pringsheim und Schacht zuerst beobachteten Blasen (Zellstoffhüllen?) um die ausschlüpfenden Schwärmsporen von Oedogonium und Ulethrix u. s. w., auf welche man wohl zu achten hat, da dieselben noch nicht völlig aufgeklärt sind.

Fig. 265.



Schwärmsporen von Oedoganium. *A* in ihrer Entwickelung bis zum Ausschlüpfen, *B* während des Ausschlüpfens, *C* während des Schwärmens.

Die Befreiung der Schwärmsporen aus ihrer Mutterzelle erfolgt in verschiedener Weise. Die von Ulothrix brechen z. B. in einem von der oben erwähnten Blase eingeschlossenen Haufen oder einzeln aus einem Risse der Mutterzelle hervor, während bei Oedogonium die Mutterzelle ringförmig in zwei ungleiche Stücke sich spaltet und der kürzere Theil deckelartig zur Seite gedrängt wird, bei Vaucheria an der Spitze der Mutterzelle ein spaltenartiger Riss entsteht u. s. f.

Die Schwärmsporen besitzen, solange sie sich in Bewegung befinden, keine Zellhülle, sondern sind blos von der Zellhaut (dem Primordialschlauch) umkleidet, die entweder auf ihrer ganzen Oberfläche (Vaucheria), oder an bestimmten Stellen mit einzelnen (Ulothrix) oder kranzförmig gestellten (Oedogonien) wimperartigen Fortsätzen (Cilien, Wimpern) versehen ist. Erst nachdem sie zur Ruhe gelangt sind, umgeben sie sich mit einer Zellstoffwandung, um dann zur Keimung zu gelangen.

Inwieweit die Art der Entstehung, die Art des Ausschlüpfens und der Bau der Schwärmsporen von Bedeutung ist für die specifische Charakterisirung der Gattungen oder Arten, muss weiteren Untersuchungen vorbehalten bleiben, da für eine Entscheidung in dieser Beziehung das Material, trotz der vielfachen trefflichen Arbeiten, welche wir besitzen, noch keineswegs ausreichend ist.

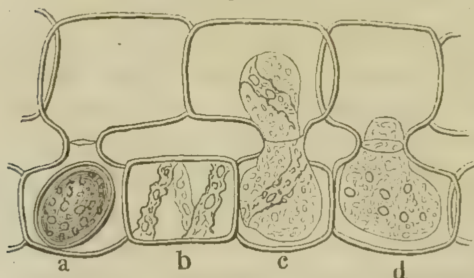
Organe der geschlechtlichen Fortpflanzung.

Die geschlechtliche Fortpflanzungszelle, die von Pringsheim sogenannte Oospore, entsteht durch einen wahren Befruchtungsact, d. h. durch Zusammenwirken zweier Zellen, von denen die eine die weibliche Keimzelle, die andere den männlichen Befruchtungskörper vorstellt.

Der einfachste Befruchtungsact besteht in der Vereinigung je zweier gleichartigen Zellen — sogenannte Copulation — zu einer einzigen die Oospore vorstellenden Zelle. Dieser Prozess hat bei den Algen eine ziemlich weite Verbreitung und findet sich bei den unter dem Namen Conjugaten zusammengefassten Familien der Diatomeen, Desmidieen und Zygnemeen.

Zwei Einzelzellen (Diatomeen und Desmidieen) oder zwei Zellen nebeneinanderliegender Fäden treiben hiebei zwei Protuberanzen einander entgegen, welche an den Spitzen mit ihren Zellhüllen verwachsen (Fig. 266). Durch Resorption der letzteren an der Verwachsungsstelle wird demnächst zwischen den beiden derart veränderten Zellen eine offene Verbindung hergestellt, vermittelst der sich der Inhalt der einen Zelle in die andere hineinzieht, um mit deren Inhalt zu einer rundlichen (länglich runden) Zelle zu verschmelzen, welche, sich mit einer Zellstoffhülle umgebend, zur Oospore wird.

Fig. 266.



Sporenbildung von Spirogyra quinina. Bei *a* fertige Spore, *b* nicht copulirte Zwischenzelle, *c* und *d* verschiedene Stadien der Copulation. Vergr. 1 : 320.

Bei dem Befruchtungsacte der übrigen Algen treten — soweit derselbe genau erforscht ist — zwei wesentlich voneinander verschiedene Zellen, die Keimzelle und der Befruchtungskörper, auf, von denen die erstere in dem weiblichen Keimorgane, dem Oogonium, der letztere in dem männlichen Befruchtungsorgane, dem Antheridium, erzeugt wird. In Bezug auf die Stellung der beiden Fortpflanzungsorgane, ihrer Beziehungen zueinander u. s. w. treten mehrere typische Verschiedenheiten auf, die eine besondere Betrachtung erfordern.

Die Gattung Vaucheria entwickelt die beiden Fortpflanzungsorgane dicht beieinander auf demselben Faden in verschiedenen für die einzelnen Arten charakteristischen Stellungen (Fig. 267) als seitliche Ausstülpungen desselben. Anfänglich erscheinen Oogonien und Antheridien als fast gleich gestaltete Ausstülpungen des Fadens selbst oder eines kurzen seitlichen Astes. Im Laufe der Entwickelung aber bildet sich ersteres zu einer kugelförmigen oder ellipsoidischen, letzteres zu einer cylindrischen in verschiedener Weise nach den Oogonien hingebogenen Zelle aus. Das erstere grenzt sich dicht unterhalb seiner Anschwellung, das Antheridium an einer dem Mutterfaden bald näher gelegenen, bald weiter in die Höhe gerückten Stelle durch eine Querwand ab, und es werden dadurch beide zu selbständigen Mutterzellen für die Keimzelle und die Befruchtungskörper. Die Entstehung der Keimzelle, welche um fast den ganzen Inhalt des Oogoniums erfolgt, macht sich dadurch kenntlich, dass an einer bestimm-

ten Stelle, bei manchen Arten in dem schnabelförmigen Fortsatze des letzteren eine grössere Menge farblosen Protoplasmas angehäuft erscheint, während der übrige grüne, nur mit zahlreichen Oeltropfen untermischte Inhalt mehr nach der Basis zurückgedrängt erscheint. Zu gleicher Zeit wandelt sich der Inhalt in der Spitzenzelle des Antheridiums, welcher sich schon vor der Scheidewandbildung entfärbt hatte und in mehr körniges Protoplasma übergegangen war, in dem nur hier und da noch ein Chlorophyllkorn eingebettet erscheint, in der Art um, dass eine grosse Zahl stabförmiger Körperchen in einer farblosen schleimigen Substanz eingebettet erscheinen (Fig. 267 *d*). Beide Organe sind jetzt für den Befruchtungsprocess herangereift. Das Oogonium öffnet sich an dem Schnabelfortsatz oder seitlich und die Keimzelle drängt den oft scheinbar noch mit ihr zusammenhängenden, nicht zu ihrer Bildung verbrauchten farblosen Theil des Protoplasmas aus der entstandenen Oeffnung hervor. Unmittelbar im Gefolge dieses Vorganges öffnet sich das Antheridium an seiner Spitze und lässt seinen Inhalt austreten. Die zahlreichen einfach bis doppelt bewimperten Befruchtungskörperchen (Spermatozoidien) bewegen sich rasch in der umspülenden Flüssigkeit und es drängen sich oft nur wenige, oft eine grössere Anzahl derselben in das geöffnete Oogonium und an die Keimzelle heran und ein oder das andere dringt in dieselbe ein. Hiermit ist der Befruchtungsact vollzogen und die Keimzelle umgiebt sich mit ihrer Zellstoffhülle.

Fig. 267.



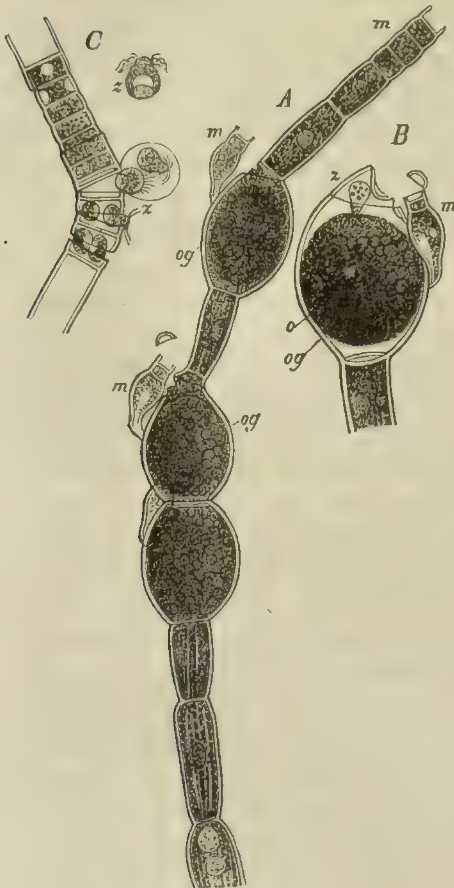
Befruchtungsvorgang bei Vaucheria hamata. *a* Oogonium an der Spitze geöffnet, *b* Antheridium, welches sich eben geöffnet hat und die Samenkörper entlässt, *c* Mutterfaden, *d* einzelne Samenkörperchen stärker vergrössert. Vergr. *a*—*c* 1 : 400.

Bei den Oedogonien entstehen die Oogonien einzeln oder reihenweise hintereinander inmitten der Zellen der Fäden oder besonderer kürzerer Aeste (Bulbochaete) als obere Tochterzellen einer sich in gewöhnlicher Weise theilenden vegetativen Zelle und nehmen eine kugelige oder elliptische Gestalt an (Fig. 268 a. f. S.). Die Keimzelle entsteht hier in dem ausgewachsenen Oogonium wie bei Vaucheria um nahezu den ganzen Inhalt desselben, zieht sich aber häufig auf ein etwas kleineres Volumen zusammen, so dass sie das Innere nicht mehr ganz ausfüllt.

Die Antheridien sind je nach den Arten verschieden vertheilt, indem sie entweder mit den Oogonien an derselben oder auf besonderen Individuen erscheinen (monöcische und diöcische Formen, Fig. 268 *A* u. *C*) oder endlich an kleinen Pflänzchen entwickelt werden, welche aus kleineren Schwärmsporen (Androsporen Pringsheim's) hervorkeimen, die in abweichend gebauten Zellen der die Oogonien tragenden Fäden entstehen

und nach ihrer Entlassung aus den Mutterzellen und abgelaufener Schwärmzeit sich mit einer wurzelartigen Ausbreitung auf dem Mutterfaden oder auf einem anderen benachbarten, oogoniumtragenden Faden festsetzen (Fig. 268 *A* u. *Bm*). Die Entstehung der Antheridien erfolgt in der Weise, dass sich eine der vegetativen Zellen hoch an ihrem oberen Ende theilt, so dass zwei ungleichwerthige Tochterzellen hervorgehen. Bleibt der Prozess bei dieser einzigen Theilung stehen, so entwickelt sich das einzellige Antheridium, wiederholt sich derselbe in gleicher Weise in der Mutterzelle und auch in den Antheridienzellen selbst, so werden die mehrzelligen aus 2 bis 12 über einander stehenden Zellen bestehenden Antheridien (Fig. 268 *m* oben) gebildet. In ihrem Bau zeichnen sie sich von den übrigen Zellen theils durch ihren geringen Längendurchmesser, theils durch ihren weniger chlorophyllreichen Inhalt aus.

Fig. 268.



Oedogonium ciliatum (nach Pringsheim). *A* mittlerer Theil eines Fadens, *m* Antheridium, *og* Oogonien mit den Zwergmännchen *m*; *B* Oogonium im Augenblicke der Befruchtung, *o* Keimzelle, *z* Befruchtungskörper im Begriff einzudringen, *m* Zwergmännchen; *C* Oedogonium gemelliparum, Stück des männlichen Fadens, *z* Befruchtungskörper. Vergr. 1 : 250.

Die Befruchtungskörperchen, welche den Schwärmsporen der betreffenden Art sonst ganz gleich gestaltet, aber weit kleiner sind, entwickeln sich entweder unmittelbar in der Antheridienzelle oder in besonderer, durch quere oder senkrechte Theilung aus je einer Antheridienzelle hervorgegangenen Spezialmutterzelle. Ihre Befreiung aus der Antheridienzelle geschieht wie bei den Schwärmsporen, wobei derjenige Befruchtungskörper, welcher in der unteren der beiden erwähnten Specialmutterzellen entstanden ist, noch die höchst zarte Scheidewand zu durchbrechen hat, bei den Arten mit senkrechter Scheidewand aber beide Befruchtungskörper sammt ihren Mutterzellen entlassen und erst später durch Zerplatzen dieser zugleich frei werden.

Zur Zeit, wenn die Befruchtungskörper zur Entlassung reif sind, öffnet sich das Oogonium auf eine für verschiedene Arten bestimmte

Weise entweder durch ein Loch an der Seite oder in ähnlicher Weise wie die Mutterzellen der Schwärmsporen durch deckelartiges Aufklappen. Das Befruchtungskörperchen dringt nun zu der Keimzelle vor, berührt dieselbe zunächst mit seinem vorderen farblosen Ende und wird dann von ihr, während sie sich mit einer Zellstoffhülle umkleidet, aufgesogen.

Ausser bei den eben betrachteten hat Pringsheim, der Entdecker des Befruchtungsprozesses bei den Algen, auch bei den Coleochaeteen die beiden Fortpflanzungsorgane, namentlich eigenthümlich gebaute, zu ihrer Reifzeit ganz oder theilweise berindete Oogonien und aus kleinen farblosen Zellen bestehende bald mit den ersteren auf den gleichen, bald auf besonderen erscheinende, kleine ovale Befruchtungskörperchen erzeugende Antheridien entdeckt, so dass auch hier eine geschlechtliche — allerdings in ihrem Vollzuge noch nicht beobachtete — Fortpflanzung als vorhanden erscheint.

Für die Meeresalgen, namentlich aus der Familie der Fucoideen und Florideen, ist durch die Untersuchungen von Thuret, Pringsheim u. a. ein Vorhandensein von zwei verschiedenen Fortpflanzungsorganen gleichfalls nachgewiesen und zugleich für einzelne dargethan, dass die Entwickelung keimungsfähiger Sporen nur in Folge von Zusammenwirken der Keimzellen und Befruchtungskörperchen stattfinden könne. Da das Material zu derartigen Untersuchungen immerhin nur schwierig zu erlangen ist und die Bearbeitung nur einzelnen bevorzugten Forschern möglich wird, so begnüge ich mich in Bezug auf dieselben auf die betreffenden — unten verzeichneten — Arbeiten von Thuret, Pringsheim u. a. hinzuweisen.

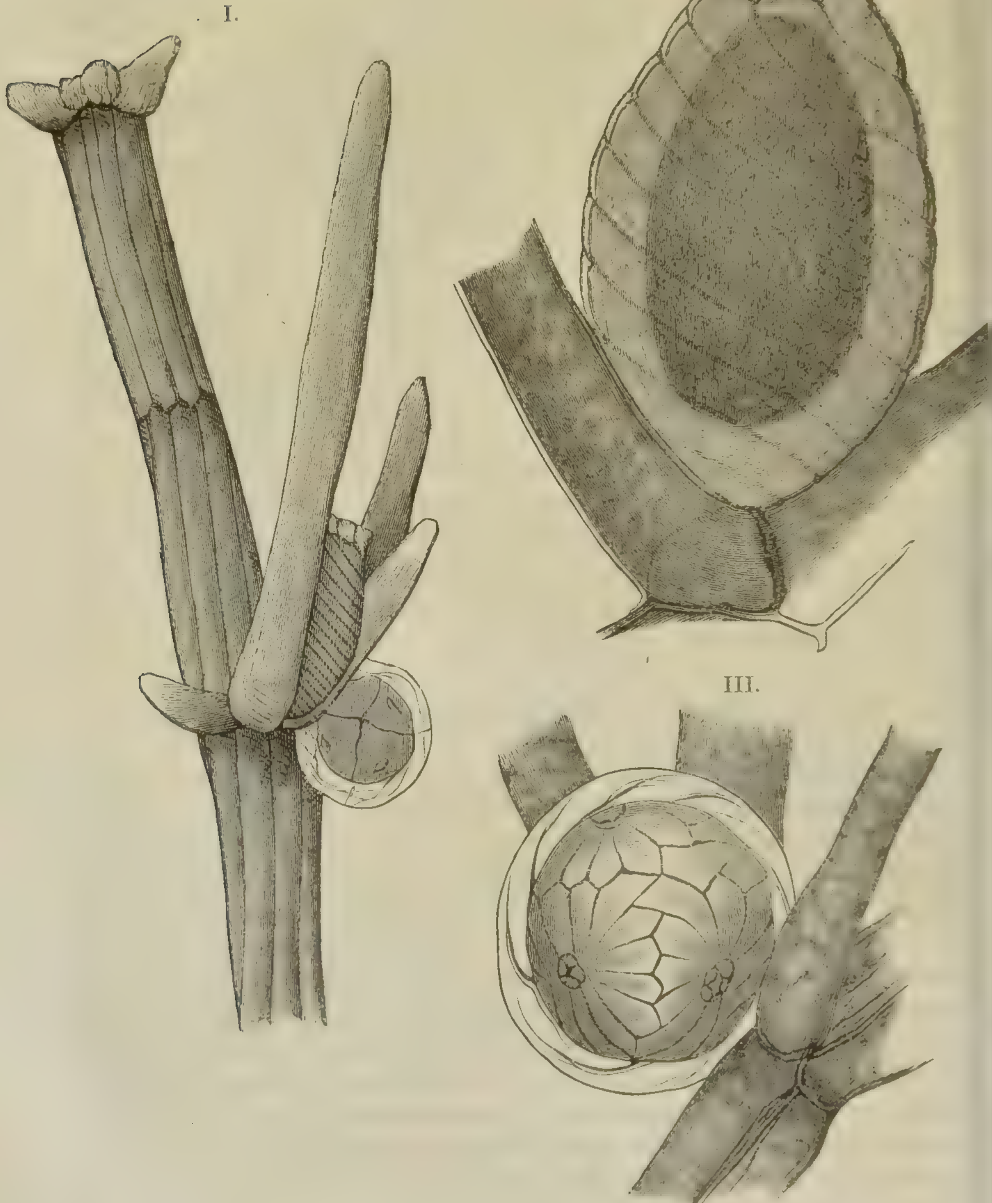
Characeen.

Das weibliche Fortpflanzungsorgan der Charen besitzt einen zusammengesetzteren Bau als jenes der vorhergehenden Kryptogamen und steht insofern dem der folgenden Classe näher, wie denn auch ihrer Entwickelungsverhältnisse zufolge wohl die Armleuchtergewächse als das Uebergangsglied zu den Moosen zu betrachten sein dürften. Man wird dasselbe daher auch passender mit dem für die folgenden Classen eingeführten Namen als Archegonium bezeichnen, als mit dem für die Pilze und Algen gebräuchlichen. Die grosse Centralzelle, deren Entstehung noch nicht mit voller Klarheit erforscht ist, wird von einer Rinde von spiralig gewundenen Zellen umgeben, welche auf der Spitze in einem fünfzelligen Kranze endigt. Die Zellen dieses Kranzes schliessen nicht vollständig aneinander und lassen einen offenen Canal zwischen sich, der bis zu dem Scheitel der Centralzelle führt (Fig. 269 II. a. f. S.).

Die Antheridien, welche entweder mit den Archegonien auf derselben Pflanze (Fig. 269 I.) oder auf besonderen männlichen Pflanzen vorkommen, bilden auf einer kurzen Stielzelle stehende kugelige Körper-

chen (Fig. 269 III.), deren Wand aus acht dreiseitigen, bei der Reife mit einem hochroth gefärbten körnigen Inhalte erfüllten Zellen, den Klappen

Fig. 269.



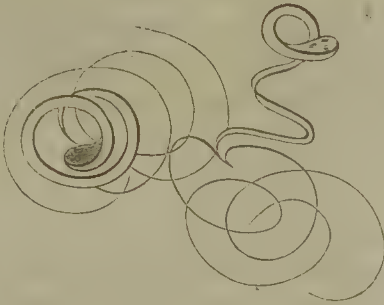
Chara foetida. I. Mittlerer Theil eines Pflänzchens mit einem Antheridium und Archegonium. II. Archegonium. III. Antheridium stärker vergrössert. Vergr. I. = 1 : 40; II. und III. = 1 : 80.

oder Schildern, besteht, deren Rand strahlenförmig eingefaltet ist. Je vier die durchgehende Stielzelle umfassende Zellen bilden die untere, je

Fig 269.







Chara foetida. IV. Stückzelle mit den Köpfchen und den confervenartigen Fäden. V. Endstück eines solchen Fadens mit verschiedenen Entwickelungszuständen der Befruchtungskörperchen. VI. Reife ausgetretene Befruchtungskörper. Vergr. IV. = 1 : 180; V. = 1 : 600; VI. = 1 : 1000.

vier andere die obere Halbkugel. Von der Mitte jedes Schildes geht eine cylindrische Zelle, der Griff, zum Mittelpunkte des Antheridiums. Hier treten auf der Spitze einer flaschenförmigen Stielzelle mehrere kugelförmige Zellchen, die primären und secundären Köpfchen, auf, von denen jede mehre lange confervenartige, büschelartig angeordnete Fäden trägt, die durch einander geschlungen das Innere des Antheridiums erfüllen (Fig. 269 IV.). Jede Zelle eines solchen Fadens enthält innerhalb eines wasserhellen oder nur wenig getrübten Inhaltes einen grossen Zellkern. Später tritt an die Stelle dieses Kernes eine Zelle, welche einen feinkörnigen und trüben Inhalt führt und scharf aber einfach umschrieben ist.

Wir haben in ihr die Mutterzelle des Befruchtungskörperchens vor uns. Auf einer etwas weiter fortgeschrittenen Entwickelungsstufe sondert sich der Inhalt derart, dass an der einen Seite der Specialmutterzelle ein schmales, etwas gebogenes Körperchen sichtbar wird, was der Zellhaut dicht anliegt. Dieses Körperchen vergrössert sich rasch und wächst zu einem vollständigen Ringe, der ersten Windung des werdenden Befruchtungskörperchens, heran. Durch ferneres Wachsthum entwickeln sich die weiteren Windungen und es erscheint, während zugleich die Zellhaut der Specialmutterzelle verschwunden ist, der Befruchtungskörper als zarter, die Fadenzelle fast völlig ausfüllender, in 2 bis $2^1/_2$ Windungen aufgerollter Faden (Fig. 269 V.). Sind die Befruchtungskörperchen vollständig ausgebildet, so öffnet sich das Antheridium durch die Trennung seiner acht Rindenzellen, die Zellfäden werden frei gelegt und die Befruchtungskörperchen schlüpfen aus, indem sie in drehender Bewegung die Wand der Gliederzellen durchbrechen.

Den Vorgang der Befruchtung zu verfolgen ist bis jetzt noch nicht gelungen und bin ich in dieser Beziehung trotz vielfacher Untersuchung von Nitella noch zu keinem Resultate gelangt. Wohl dürfte aber die Ausbildung der in der Centralzelle des Archegoniums durch freie Zellenbildung enstandenen Keimzelle zur Spore nicht ohne vorgängige Einwirkung der Befruchtungskörper erfolgen. Die Beobachtung wird aber durch den undurchsichtigen Inhalt der Rindenzellen des Archegoniums sehr erschwert, da derselbe das Erkennen der kleinen Körperchen innerhalb des Halstheiles (des Kranzes) oder der Centralzelle unmöglich macht.

M o o s e.

Bei den Moosen nimmt der ganze Ablauf des Fortpflanzungsprozesses einen eigenthümlichen Verlauf. Aus der befruchteten Keimzelle entsteht nämlich zunächst eine Frucht, die Kapsel, in welcher sich die Sporen in der Seite 46 geschilderten Weise entwickeln und dann durch ihre Keimung den sogenannten Vorkeim erzeugen. Aus diesem geht die Moospflanze hervor, auf der die geschlechtlichen Fortpflanzungsorgane, Archegonien und Antheridien, angelegt und ausgebildet werden.

Die Archegonien entstehen aus einer einzigen Zelle der Spitze des Vegetationskegels bestimmter Abschnitte des laubartigen Stengels oder der fruchttragenden Pflänzchen mit beblättertem Stengel durch in gesetzmässiger Weise fortschreitende successive Zelltheilungen, welche Umfang und Gestalt bestimmen. Im fertigen Zustande stellen sie flaschenförmige Körper dar, welche meistens an der Spitze der Stengel zu mehreren beisammenstehen (Fig. 270), seltener in dem flächenartigen Stengel eingesenkt oder auf besonderen, gestielten Fruchtständen erscheinen und bei den Laubmoosen von einer aus abweichend gebauten Blättern gebildeten Hülle, dem Perichaetium, bei den Lebermoosen von einer becherartigen Hülle, dem Kelche, umgeben werden. In dem unteren erweiterten

Theile, dem sogenannten Bauchtheile, liegt eine grosse Zelle, die Centralzelle (Fig. 271), welche nach Aussen nur von einer einzigen, nach dem Grunde des Archegoniums hin aber von mehreren Zellenreihen umgeben wird. In dem Zellkörper, der mehr oder minder verlängert den sogenannten Halstheil bildet, entsteht durch Resorption der Querscheidewände des axialen Zellenstranges ein auf die Centralzelle zuführender Canal, der zunächst nach Aussen geschlossen erscheint, zur Zeit der Reife aber durch Auseinandertreten der Gipfelzellen geöffnet wird und so den Befruchtungskörperchen den Zutritt gestattet. Noch bevor sich dieser letztere Prozess vollzogen hat, entsteht in der Centralzelle durch freie Zellenbildung (siehe Seite 45) die Keimzelle (Fig. 271 *A b*), welche nach

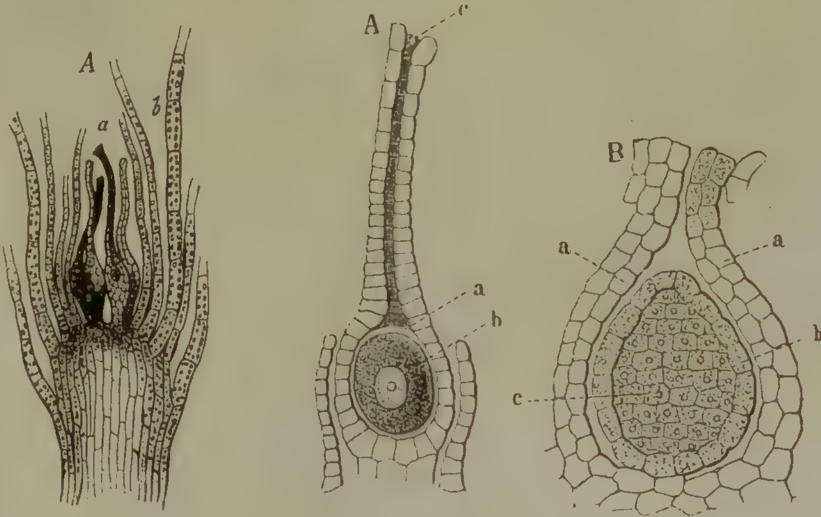


Fig. 270. Längsschnitt durch den Gipfel einer schwachen weiblichen Pflanze von Funaria hycrometrica. *a* Archegonien, *b* Blätter. Vergr. 1 : 100.

Fig. 271. Befruchtungswerkzeuge von Marchantia. *A* Archegonium, *a* Centralzelle, *b* Keimzelle mit Kern; *B* Antheridie, *aa* flaschenförmige Höhlung im Gewebe der Stengelausbreitung, *b* Antheridienhülle, *c* würfelförmige Zellen.

und nach soweit heranwächst, dass sie erstere völlig ausfüllt und aus der sich nach vollzogener Befruchtung die Fruchtanlage entwickelt.

Die Antheridien, welche ihren Platz bald auf den archegonientragenden Pflänzchen, bald auf besonderen männlichen Exemplaren nehmen, gleichen in ihren ersten Anfängen ganz den in der Anlage begriffenen Archegonien. Erst auf späterer Entwickelungsstufe nehmen sie den ihnen eigenen Bau an. Die Antheridien der Lebermoose sind entweder kugelförmige oder ellipsoidische Körperchen (Fig. 271 *B*), welche aus einer einzelligen, chlorophyllreichen Rindenschicht und einer centralen Masse von kleinen cubischen Zellen bestehen und bald von besonderen Stielen getragen werden, welche sich von der laubartigen Ausbreitung aus oder in den Blattachseln erheben, bald aber in der ersteren oder einem beson-

deren, flach ausgebreiteten Fruchtboden eingesenkt erscheinen. Jene der Laubmoose sind im Ganzen ähnlich gebaut (Fig. 272 u. 273), besitzen aber eine mehr in die Länge gestreckte cylindrische bis keulenförmige Gestalt und nehmen ihren Platz am Ende des Stengels oder der Zweige (Fig. 272).

Fig. 272.



Fig. 273.



Fig. 272. Längschnitt durch den Gipfel eines männlichen Pflänzchens von Funaria hygrometrica. *a* Junges, *b* reifes Antheridium, *c* Paraphysen, *d* und *e* Blattdurchschnitte. Vergr. 1 : 300.

Fig. 273. *A* Aufplatzendes Antheridium von Funaria hygrometrica, *a* die austretenden Befruchtungskörper; *B* Befruchtungskörper von Polytrichum, *a* in der Mutterzelle, *b* frei. Vergr. *A* = 1 : 350; *B* = 1 : 800.

Innerhalb jeder der kleinen cubischen Zellen entsteht zur Zeit der Reife des Antheridiums eine rundliche Primordialzelle, in der das Befruchtungskörperchen ganz in derselben Weise sich entwickelt, wie wir dies bei Nitella geschildert haben. Die völlig reifen Antheridien öffnen sich am Scheitel (Fig. 273), es treten die Mutterzellen sammt den von ihnen umschlossenen Befruchtungskörperchen unter lebhafter Drehung

heraus und letztere werden durch Zerreissen oder Resorption der ersten völlig frei, um sich lebhaft in der umspülenden Flüssigkeit umherzutummeln. In ihrer Gestalt gleichen dieselben ganz denen der Charen und sind, um deren Bau, namentlich auch den der Cilien oder Wimpern genau zu erkennen, dieselben Veranstaltungen erforderlich, welche wir dort hervorgehoben haben.

Der Befruchtungsact ist auch hier noch keineswegs mit der Sicherheit festgestellt, wie bei den Algen. Indessen hat Hofmeister das Eindringen der Befruchtungskörper in das Archegonium mehrfach beobachtet und ich selbst habe bei Mnium undulatum ganz unzweifelhaft beobachtet, wie sich ein solcher dem Keimbläschen, über dessen Scheitel die Hülle der Centralzelle aufgebrochen und theilweise resorbirt war, unmittelbar angelegt hatte. Da sich über jenen indessen schon eine zarte Zellstoffhülle abgeschieden hatte, war es nicht möglich zu entscheiden, ob dieser Befruchtungskörper die Befruchtung vollzogen hatte. Soviel geht aber unzweifelhaft aus dieser Beobachtung hervor, dass die letzteren unmittelbar bis zu der Keimzelle gelangen können. Ausserdem spricht auch für die Nothwendigkeit der Befruchtung der Umstand, dass die grössere Anzahl der Archegonien, die als nicht befruchtet zu betrachten sind, fehlschlagen, indem die Keimzelle verschwindet und die Centralzelle von einer bräunlichen Masse erfüllt erscheint.

Aus der befruchteten Keimzelle entsteht in der Centralzelle durch fortgesetzte Zelltheilung und damit Hand in Hand gehendes Wachsthum ein mehr oder minder walzenförmiger bis ellipsoidischer, frei in der ersteren liegender Zellenkörper, die Fruchtanlage. Beim weiteren Wachsthum dringt derselbe weiter in den Grund des Archegoniums ein und verwächst vollständig mit dem Basaltheile, während der obere Theil in Folge seiner Längenerstreckung den Halstheil noch am Grunde durchreisst und mit sich in die Höhe nimmt. Der untere mit dem Basaltheile des Archegoniums verwachsene Theil der Fruchtanlage wird im Verlaufe der Entwickelung zu dem Fruchtstielchen (der Seta), der obere bildet sich zur Kapsel aus, während der abgerissene Theil des Archegoniums die letztere als Mützchen oder Calyptra, der bleibende untere die Seta als Scheidchen oder Vaginula umgiebt.

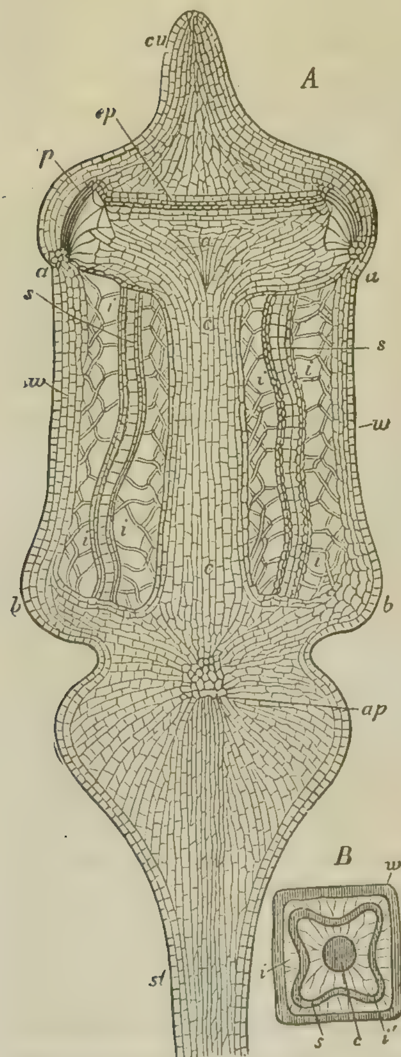
Der Bau der Kapsel ist für die Leber- und Laubmoose etwas verschieden.

Bei den ersteren entwickelt sich die äussere Zellenschicht der Fruchtanlage zur Kapselwand, deren Zellen je nach den Gattungen und Arten verschieden gestaltete spiral- oder netzförmige, meist nur nach einer Seite hin entwickelte Verdickungsschichten beobachten lassen. Die Zellen des Inneren sondern sich in zwei verschiedene Formen. Die einen bilden sich durch Vergrösserung zu den meist rundlichen Mutterzellen der Sporen aus, die anderen, zwischen diesen liegenden, nehmen eine mehr oder minder gestreckte schlauchförmige Gestalt an und werden zu den durch ihre zierlichen einfachen oder doppelten, meist braun gefärbten und verholzten

Spiralbänder ausgezeichneten freien, mit der Spitze oder dem Grunde der Kapseln verwachsenen Schleudern.

Die Sporen entstehen in den durch Theilung entstandenen Sporenmutterzellen gleich den Pollenzellen (Seite 46) durch freie Zellenbildung und werden durch Resorption der Mutterzellen frei. Dieselben zeigen entweder eine kugelförmige oder die Seite 60 (Fig 9 III.) beschriebene Gestalt und ihre cuticularisirte braungefärbte Aussenschicht besitzt häufig warzenförmige oder stachelförmige Fortsätze.

Fig. 274.



A Längsschnitt der Kapsel von Polytrichum piliferum (nach Lautzius-Beninga); *B* der Querschnitt; *w* Wandung der Kapsel, *cu* Deckel, *cc* Säulchen, *p* Mündungsbesatz, *ii* von algenähnlichen Zellen durchzogene Lufträume, *ss* Sporensack, die Urmutterzellen enthaltend, *st* die Seta. Vergr. $A = 1:15$, $B = 1:5$.

In der Kapsel der Laubmoose (Fig. 274), welchen die spiralig verdickten Zellen fehlen, deren Oberhaut aber Spaltöffnungen besitzt, werden die centralen Zellschichten zu der sogenannten Mittelsäule, Columella (ein Fall, der für die Lebermoose nur bei Anthoceros auftritt), während die Sporenmutterzellen nur aus einer einzigen im Umkreise der Mittelsäule liegenden Zellschicht hervorgehen. Die Spitze entwickelt sich hier, mit Ausnahme von Andraea, welches eine vierklappig aufspringende Kapsel besitzt, zu dem sogenannten Deckelchen. Dieses hebt sich bei der Reife ab und es erscheint nun die Oeffnung entweder von einem glatten Rande, von einem einfachen oder doppelten Mündungsbesatze umgeben. Dieser besteht in der Regel aus dickwandigen und braungefärbten Zellen und gewährt sein Vorhandensein oder Fehlen, sowie seine für die einzelnen Arten constante Gestaltung gute Kennzeichen für die specifische Charakterisirung.

Ueber Entwickelung und Bau der Sporen gilt das schon von den Lebermoossporen Gesagte.

Zum Studium der Entwickelung der Befruchtungswerkzeuge, der Fruchtanlage u. s. w. sind feine Schnitte durch die betreffenden Theile der

Pflänzchen erforderlich und kann unter Umständen ein Bloslegen der zu untersuchenden Organe mittelst der Nadel von grossem Vortheile werden. Um über den Bau und die chemische Constitution der Zellhülle sowie des Inhaltes klar zu werden, wird man die Anwendung der hinlänglich bekannten Reagentien nicht versäumen dürfen; namentlich möchte hier noch besonders die Anwendung der concentrirten Schwefelsäure für das Studium des Baues der Sporenhülle zu empfehlen sein. Wo es sich um das Studium der Entwickelungsgeschichte handelt, muss natürlich auf die Beschaffenheit der Zusatzflüssigkeit geachtet werden und muss man hier durch eigene Versuche die erforderlichen, am wenigsten störenden Mischungen zu ermitteln suchen.

Ausser der geschlechtlichen Fortpflanzung erscheint bei den Moosen noch eine geschlechtslose Vermehrung durch Brutzellen. Bei den Laubmoosen lösen sich dieselben einfach als mehrzellige Körperchen von den Pflänzchen ab. Bei den Lebermoosen findet eine ähnliche Trennung von dem Blatte oder dem Stengel ebenfalls in den meisten Fällen statt. Nur bei den laubartigen Formen entstehen die Brutzellen in besonderen Behältern, welche bald eine becher-, bald eine flaschenförmige Gestalt besitzen. Um diese Behälter sowie die Brutzellenknospe aufzufinden, muss man solche Pflanzen wählen, die keine Früchte entwickelt haben, weil sie sich selten oder nie an solchen Exemplaren finden, welche der geschlechtlichen Fortpflanzung dienen.

Farnkräuter.

Aus den keimenden Sporen der Farnkräuter entwickelt sich der Vorkeim, das Prothallium, welches bestimmt ist, die Fortpflanzungsorgane zu erzeugen, aus deren Zusammenwirkung die Anlage zu der Pflanze entsteht, welche ihrerseits auf der Unterseite der Wedel in besonderen Behältern, den Kapseln, die Sporen erzeugt.

Das Archegonium stimmt im Wesentlichen in seinem Baue mit dem gleichen Organe der Moose überein. Es entsteht erst an dem zweilappig getheilten Vorkeime und zwar an der Unterseite dem Einschnitte zunächst auf einer aus einem eigenen Zelltheilungsprozesse hervorgegangenen polsterartigen Verdickung. Die Mutterzelle bildet eine von den umgebenden, chlorophyllführenden Zellen sich durch ihren feinkörnigen, einen deutlichen Zellkern führenden, protoplasmatischen Inhalt sich unterscheidende Zelle, aus der durch in bestimmter Weise vor sich gehenden Zelltheilungen das fertige Organ sich heranbildet. Dieses ragt mit seinem Halstheile als kurz cylindrisches Körperchen über die Unterfläche des Vorkeimes, in welchen der Bauchtheil mit der Centralzelle eingebettet ist, hervor. Der auf die Centralzelle zuführende Canal entsteht entweder durch Resorption einer axialen Zellenreihe des Halstheiles, oder durch Auseinanderweichen von vier dreikantigen Zellenreihen an ihrer Vereinigungsstelle als wahrer Intercellulargang. In der Centralzelle entsteht,

während der Canal sich ausbildet, durch freie Zellenbildung die Keimzelle in der früher geschilderten Weise und nimmt nach und nach fast vollständig deren ganzen Raum ein (Fig. 275).

Die Antheridien werden oft schon frühzeitig angelegt, noch ehe der Vorkeim sich vollständig ausgebildet hat; sie entstehen aber auch noch gleichzeitig mit den Archegonien und zwar hinter diesen. Die erste Anlage macht sich durch eine halbkugelige Erhebung einzelner Zellen über die Unterfläche des Vorkeimes bemerklich, deren freie Aussenfläche nach kurzer Zeit durch eine Scheidewand von dem übrigen Zellraume getrennt und zur Mutterzelle des Antheridiums wird. Durch mehrfache Zelltheilung geht aus dieser ein kugelförmiges Körperchen hervor (Fig 276),

Fig. 276.



Fig. 275. Dem Aufbrechen nahes Archegonium von Pteris serrulata. *a* Kernzelle. Vergr. 1 : 400.

Fig. 276. Antheridien von Adianthum capillus veneris. I. Noch unreif. II. Die Befruchtungskörperchen darin fertig ausgebildet. III. Geplatztes Antheridium mit austretenden Befruchtungskörpern; *p* Vorkeim, *a* Antheridium, *s* Befruchtungskörper, *b* dessen Mutterzelle. Vergr. 1 : 550.

welches aus grösseren vierseitigen protoplasmareichen, von einer oder zwei Stielzellen getragenen centralen Zelle und einer aus wenigen grossen, mehr oder minder abgeplatteten Zellen gebildeten Hülle bestehen. Die erstere erzeugt durch fortgesetzte Theilung die kleinen, cuboidischen Zellen, in denen die zarten kugeligen Mutterzellen der Befruchtungskörperchen entstehen, welche gegen die Reifezeit der Antheridien durch Verflüssigung der ersteren frei werden und in einer schleimig körnigen Masse eingebettet erscheinen. Die Entwicklung des in wenigen spiraligen Windungen aufgerollten, an ihrem vorderen, dickeren Ende mit zahlreichen Wimpern besetzten (Fig. 276 III.) Befruchtungskörperchen erfolgt inmitten dieser Samenfaserzellchen in derselben Weise wie bei den Charen

und Moosen. Die reifen Antheridien öffnen sich, sobald die äussere günstige Bedingung d. h. Feuchtigkeit vorhanden, indem der stark anschwellende Inhalt die Scheitelzelle sternförmig zerreisst. Die Mutterzellen treten mit den in ihnen enthaltenen Befruchtungskörperchen heraus, beginnen sich drehend zu bewegen, reissen dann auf und entlassen die letzteren, welche in rascher Bewegung davoneilen.

Der Befruchtungsact wird nach Hofmeister in ähnlicher Weise vollzogen, wie ich es für Mnium geschildert habe. Die Befruchtungskörperchen treten in den Canal des Archegoniums, gelangen durch die erweichte Zellhülle der Centralzelle bis zur Keimzelle, welche sie umspielen. Nun erst umgibt sich die Keimzelle mit einer Zellstoffhülle und es schliesst sich der Canal des befruchteten Archegoniums durch Ausdehnung der umgebenden Zellen, während aus der ersteren durch wiederholte Zelltheilung ein kugelförmiger bis ellipsoidischer, lose in dem Archegonium liegender Körper, die Anlage der jungen Pflanze, hervorgeht. In den nichtbefruchteten Archegonien, welche die Mehrzahl der auf einem Vorkeim vorkommenden bilden, da in der Regel nur eines zur Entwicklung gelangt, treten dieselben Erscheinungen des Zerfalles ein, wie bei den nichtbefruchteten Moosarchegonien.

Die Sporangien oder Kapseln der Farnkräuter entwickeln sich, wie schon oben erwähnt, auf der Unterseite der Wedel. Ihre erste Anlage erscheint als eine halbkugelige Ausstülpung einer Oberhautzelle, welche sich später durch eine horizontale Wand theilt und zwar so, dass zwei Tochterzellen entstehen, von denen die untere, cylindrische, durch fortgesetzte wechselnde Längs- und Quertheilung dem aus zwei bis drei Zellenreihen bestehenden Stiele, die obere, halbkugelige, durch in bestimmter Weise nach verschiedenen Richtungen vor sich gehende Theilung dem Sporangium seine Entstehung gibt. Das fertige Sporangium (Fig. 277) besteht aus einer ein- bis zweischichtigen Wandung und einer centralen Zelle. Der sogenannte, aus abweichend gebauten Zellen gebildete, meist einseitig nach Innen verdickte, gefärbte Annulus nimmt in der ersteren je nach den Gattungen eine bestimmte Stellung und Gestaltung an und hat man hierauf sein Augenmerk zu richten. In der Centralzelle entstehen durch mehrfache, zuletzt durch Viertheilung die Sporenmutterzellen, in welchen sich die Sporen in derselben Weise entwickeln, wie dies bei den Sporen der Moose geschieht. Die Sporangien stehen in der Regel zu mehreren beisammen und bilden je nach den Gattungen verschiedene Gestalten, Häufchen, welche in den meisten Fällen von einer Falte der Oberhaut, dem sogenannten Schleierchen, bedeckt werden. Die Form der Sporenhäufchen, des Schleierchens,

Fig. 277.



Sporangien vergr.; I. vom Blasenfarn mit verticalem Ringe, II. von Trichomanes mit horizontalem Ringe.

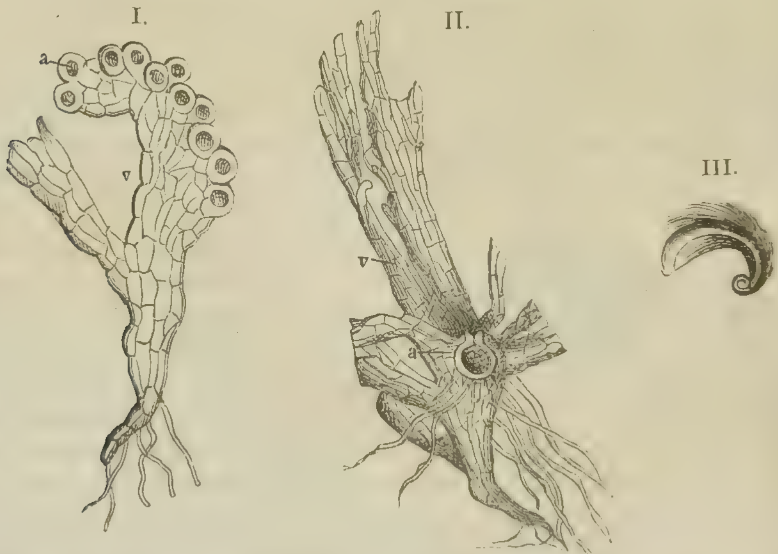
sowie die Stelle des Wedels, an welchen sie sich finden, haben für die systematische Unterscheidung der Gattungen und Arten ihre Wichtigkeit.

Die kugeligen, eiförmigen, nierenförmigen oder tetraëdrischen, das heisst pyramidal-dreikantigen Sporen bestehen in ausgebildetem Zustande aus einer doppelten Hülle. Die cuticularisirte Aussenhülle ist in der Regel braun gefärbt, stark verdickt und zeigt auf ihrer Oberfläche leistenartige, netzförmig mit einander anastomosirende, warzen- und stachelförmige Vorsprünge. Die Innenhülle ist weniger stark verdickt, weicher, farblos und tritt bei der Keimung, die Aussenhülle sprengend, als Keimschlauch aus dieser hervor. Der Inhalt, welcher vorzugsweise aus protoplasmatischen Substanzen besteht, enthält zur Zeit der Reife zahlreiche kleine oder weniger zahlreiche grössere Oeltropfen eingebettet.

Schachtelhalme.

Bei den Schachtelhalmen werden die Befruchtungswerkzeuge wie bei den Farnkräutern auf dem Vorkeime entwickelt (Fig. 278).

Fig. 278.



Equisetum Telmateja. I. Vorkeim (*v*) mit elf Antheridien (*a*); II. Vorkeim (*v*) mit einem Archegonium (*a*), Vergr. 1 : 30; III. ein Samenfaden. Vergr. 1 : 500.

Die Archegonien (Fig. 278 II. *a*) gleichen in Bezug auf Bau und Entwicklungsgeschichte denen der Farne. Sie werden ebenfalls auf der Unterseite des Vorkeimes an dessen Rand angelegt, treten aber später, indem dieser unter ihnen fortwächst, auf die Oberseite.

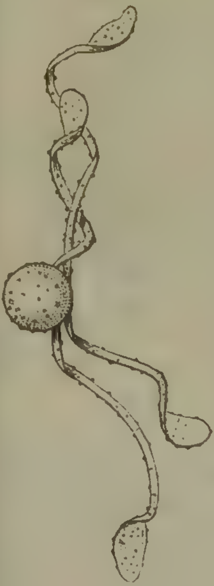
Die Antheridien (Fig. 278 I. *a*) treten an den Rändern besonderer, männlicher, meist kräftiger entwickelter, vielfach zertheilter Vorkeime

(Equisetum arvense, pratense und palustre) oder doch auf besonderen, keine weiblichen Organe tragenden Vorkeimsprossen auf. Sie erscheinen früher und in grösserer Anzahl als die letzteren und bilden konische, mit ihrem Grunde dem Rande des Vorkeimes eingesenkte Erhebungen. Die wenigzellige Wand umschliesst im jüngeren Zustande eine Centralzelle, welche zur Mutterzelle kleiner cuboidischer Zellchen wird, in denen die Befruchtungskörperchen oder Schwärmfäden in derselben Weise sich entwickeln, wie bei den Farnkräutern. Bei der Reife öffnen sich die Antheridien durch Auseinanderweichen der oberen Wandzellen und entlassen die Befruchtungskörper noch in ihren Mutterzellchen eingeschlossen. Die ersteren übertreffen an Grösse die gleichen Organe aller bekannten Kryptogamen. Sie sind korkzieherartig gewunden, bandartig am hinteren Ende stark verbreitert, am vorderen Ende mit zahlreichen Wimpern versehen (Fig. 278 III.).

Das Eindringen der Befruchtungskörperchen ist bis jetzt nicht beobachtet, während die ersten Entwicklungsvorgänge in dem befruchteten und der Zerfall der nicht befruchteten Archegonien ganz so verläuft wie bei den vorher betrachteten Pflanzen.

Die Sporangien der Schachtelhalme stehen zu mehreren an dem unteren Rande scheibenförmigen Blattorganen, welche zusammen den bekannten ährenförmigen Fruchtstand bilden. Ihre ersten Anfänge erscheinen als warzenförmige Zellkörperchen, in denen sich bald eine mittlere Zelle durch stärkere Vergrösserung bemerklich macht. Diese Zelle wird zur Mutterzelle der späteren Generationen angehörenden sporenbildenden Zellen, während die sie umgebenden Zellen sich zur Wand des Sporangiums ausbilden. In den sporenbildenden, durch Viertheilung entstandenen Zellen geht die Entwicklung der Sporen in derselben Weise vor sich, wie dies früher geschildert wurde. Die Spore besteht im reifen Zustande aus mehreren Hüllschichten. Von diesen bildet die äussere, nach Aussen cuticularisirte, nach einzelnen Forschern aus der Membran der sporenbildenden Zellen hervorgehende, die bekannten spiraligen, um die inneren Schichten gewundene Schicht, die bekannten Schleudern (Fig. 279), welche ursprünglich verdickte Streifen dieser letzteren bildeten und erst durch das Zerreissen der nicht verdickten Stellen ihre spätere Gestaltung erhielten. Die zweite und dritte Schicht sind durch ihre ganze Dicke cuticularisirt, erstere hier und da mit körnigen Erhebungen besetzt, während die innerste Hülle, so lange die Spore nicht zur Keimung gelangt ist, aus reinem Zellstoff besteht.

Fig. 279.



Spore mit den abgerollten, sonst spiralig um die Spore gedrehten Elateren.

Bärlappgewächse.

Die Bärlappgewächse unterscheiden sich bezüglich der Entwicklung ihrer Befruchtungswerkzeuge wesentlich von den Farnkräutern und Schachtelhalmen. Hier sind es für die Selaginellen und Isoeten (für Lycopodium, Psilotum u. s. w. ist die Fortpflanzung noch nicht beobachtet) nämlich zweierlei Sporen, die grossen sogenannten Makrosporen und die kleinen Mikrosporen, welche, in zu besonderen ährenförmigen Fruchtständen vereinigten Sporangien (Fig. 280) entwickelt, die einen den Vorkeim mit den Archegonien erzeugen, die anderen zu den Antheridien werden, in denen bei der Keimung die Mutterzellen der Befruchtungskörperchen entstehen (Fig. 281 *C*).

Fig. 280.

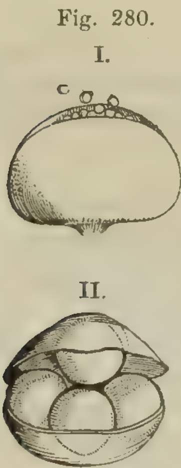


Fig. 281.

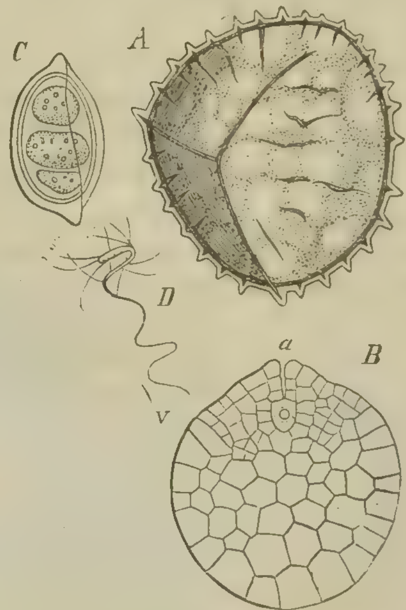


Fig. 280. Bärlapp. I. Mikro-, II. Makrosporangium.

Fig. 281. Isoetes lamstrus (nach Hofmeister). *A* Makrospore; *B* Längsschnitt des Vorkeims mit einem Archegonium *a*; *C* Mikrospore die Mutterzellen der Befruchtungskörperchen enthaltend; *D* Befruchtungskörperchen. Vergr. A = 1 : 60, *B* = 1 : 40, *C* und *D* = 1 : 500.

In der Makrospore, die Form einer flachen Kugelpyramide besitzend (Fig. 281 *A*), entsteht die Anlage des Vorkeimes schon zur Zeit, wo sie noch in dem Sporangium (der sogenannten Kugelkapsel) eingeschlossen ist, unterhalb der Spitze, den drei zusammenstossenden Pyramidenkanten; dieselbe besteht aus einigen wenigen Zellschichten oder füllt einen grösseren Theil der Spore aus.

Bei dem Keime entwickelt sich der Vorkeim weiter und es entstehen auf demselben an mehreren Stellen die mit kurzem Halstheil versehenen Archegonien (Fig. 281 *B*). In der Centralzelle hat sich, während

zugleich der leere Theil der Spore von dem Vorkeim aus mit Zellgewebe erfüllt wird, die Keimzelle bis zur Zeit der Oeffnung des Canals entwickelt und harrt der Befruchtung entgegen, um nach dem Vollzug derselben durch mehrfache Zelltheilung die Keimanlage hervorzubringen.

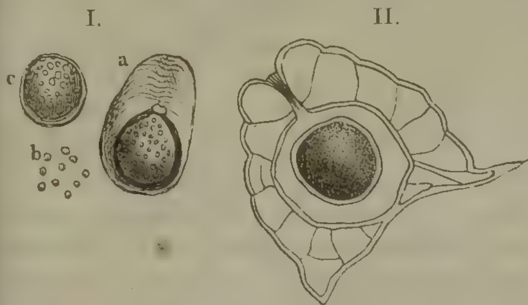
Rhizocarpeen.

Diese Classe stimmt im Allgemeinen mit der vorigen in ihrer Fortpflanzungsweise überein, die indessen einer noch weiter ausgedehnten Beobachtung recht sehr bedarf. Es sind bis jetzt nur einige Arten näher untersucht, und auch bei diesen noch nicht alle Vorgänge ganz ins Klare gebracht, indem die Verfolgung der ersten Keimungsstadien von nicht unerheblichen Schwierigkeiten behindert wird.

Was sich im Allgemeinen — ohne auf die streitigen Punkte der verschiedenen Autoren einzugehen — etwa sagen lässt, ist Folgendes.

Die Archegonien, welche bei Pilularia und Marsilia einzeln, bei Salvinia zu mehreren auftreten, entwickeln sich auf dem schon innerhalb der Makrospore an deren Scheitel angelegten Vorkeime nach dessen Hervorbrechen aus der letzteren. Im Wesentlichen zeigen sie einen ähnlichen Bau wie die der vorhergehenden Classen, d. h. sie bestehen aus einer grossen Centralzelle und einer in den Vorkeim eingesetzten und mit ihr zusammenhängenden Hülle, die nach Aussen in den meist nur kurzen Halstheil übergeht, dessen Scheitel sich zur Zeit der Reife öffnet und durch einen kurzen auf die Centralzelle zuführenden Canal der Befruchtungskörperchen den Zugang gestattet (Fig. 282 II.). Ueber die Entstehung des Archegoniumcanals wie über den Zellenbildungsprozess innerhalb der Centralzelle bestehen noch verschiedene Ansichten, von denen die neueren, der Beobachtung Hofmeister's widersprechenden noch keineswegs fest genug begründet sind. Nur soviel steht fest, dass innerhalb der Centralzelle nach Vollzug des Befruchtungsactes die junge Keimanlage sich entwickelt.

Fig. 282.



Marsilia salvatrix. I. *a* Makrospore vor der Befruchtung, mit ihrer Schleimhülle; aus dem rundlichen Wärzchen, welches auf der Spitze der kugelförmigen Spore sitzt, entwickelt sich der Vorkeim. Vergr. 1 : 15. *b* Mikrosporen im richtigen Verhältniss zur Makrospore. *c* Mikrospore. Vergr. 1 : 100. III. Vorkeim mit Keimkörper, im Durchschnitt gesehen. Die kugelförmige Keimzelle hat bereits eine Membran. Vergr. 1 : 200.

Das Antheridium wird entweder von den Mikrosporen selbst gebildet (Marsilia) oder es entsteht bei der Keimung der letzteren aus einem aus dem Exesporium hervortretenden Sporenschlauche (Salvinia).

Im ersteren Falle gehen durch wiederholte Zelltheilung die acht Mutterzellen für die Schwärmfadenzellen hervor, welche sich ihrerseits durch tetraëdrische Viertheilung bilden und durch Zerreissen der äusseren Sporenhülle entlassen werden. Im anderen Falle gliedern sich an dem Ende des Sporenschlauches zweizellige Antheridien ab, in denen die Schwärmfadenzellen zu je vier gebildet und durch Aufklappen frei werden. Die Schwärmfäden entstehen in diesen letzteren, soweit aus der Beobachtung von Hofmeister, Pringsheim und Hanstein zu schliessen, in gleicher Weise, wie es für jene der anderen Kryptogamen geschildert ist.

Der Befruchtungskörper oder Schwärmfaden besteht aus einem vorderen fadenförmigen, schraubenförmig gewundenen, mit zahlreichen Wimpern bekleideten vorderen und einem Stärkekörner enthaltenden kugeligen hinteren Theile, der nach Hanstein beim Eintreten in den Archegoniumcanal abgestreift werden soll.

2. Fortpflanzungsorgane der Phanerogamen.

Der Blüthenstaub.

Der Blüthenstaub oder Pollen entsteht in der schon Seite 45 geschilderten Weise innerhalb besonderer, aus gesetzmässiger Umbildung eines Blüthenblattes hervorgegangenen Behältern, den Antheren der Staubfäden. Da wir uns hier nicht mit einer Entwicklungsgeschichte der Blüthentheile, sondern nur mit der histiologischen Zusammensetzung der für den Fortpflanzungsprocess zunächst in Betracht kommenden Organe zu beschäftigen haben, so gehen wir auch auf das Entstehen und die Fortbildung der Staubfäden nicht näher ein, sondern wenden uns sofort zu dem Bau der Antheren u. s. w.

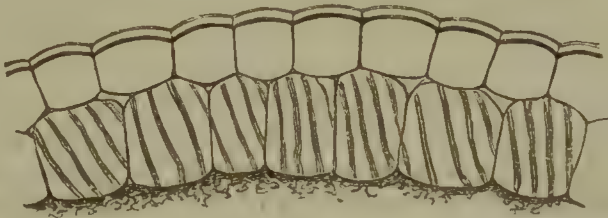
Bau der Antheren. — Die Antheren bestehen in ihren früheren Entwicklungsstadien aus einem gleichartigen parenchymatischen Zellgewebe, in welches an einer bestimmten Stelle die Gefässbündelelemente des Trägers eintreten. Erst später differenziren sich die verschiedenen Gewebeschichten, und zwar zunächst diejenigen, welche zur Entwicklung der Antherenwand und zu den Urmutterzellen für die zellenbildenden Zellen bestimmt sind. In der ersteren erfolgt dann, während in der zweiten sich die entsprechenden Theilungsvorgänge verfolgen lassen, eine weitere Sonderung, deren Folge uns in dem Bau der fertigen Antherenwand entgegentritt.

Die äusserste Zellschicht gehört der Oberhaut an. Sie kann übrigens auch, wie bei Saccharum, allein die Wand der Antheren bilden. Unterhalb der Oberhaut finden sich bei den Antheren mit mehrschichtiger Wand noch eine bis mehrere Zellenlagen, welche sich über die Innenfläche der ersteren in verschiedener Mächtigkeit verbreiten, so dass die-

selbe bald in ihrem ganzen Umfange, bald nur an einzelnen Stellen aus zwei bis drei und mehr Zellschichten gebildet erscheint.

Zur Zeit, wo die Antheren fast ihre Ausbildung vollendet, die Wandzellen nahezu ihre volle Grösse erreicht haben, und diejenigen Zellschichten, welche die Urmutterzellstränge der Antherenfächer umgeben, resorbirt worden sind, entwickeln sich bei der grossen Mehrzahl der über Wasser blühenden Phanerogamen in bestimmten Zellenreihen der Antherenwand die bekannten und schon früher besprochenen spiralen und netzförmigen secundären Verdickungsschichten (Fig. 283). Welche Zellen-

Fig. 283.



Querschnitt der Antherenwand von Funkia. Vergr. 1 : 420.

reihen und welche der ihnen angehörigen Zellen diese Formänderung erleiden, ist für verschiedene Pflanzen verschieden und hat man darauf zu achten. Hier und da sind es bloss die Oberhautzellen (Picea, Abies, Lupinus), bei anderen Pflanzen (wie bei den Liliaceen, Compositen, Cucurbitaceen u. s. w.) eine oder mehrere Zellenreihen, unterhalb dieser, in selteneren Fällen sämmtliche Zellen der Wandung, welche Spiral- oder Netzfasern bilden. Bald umgeben die so veränderten Zellen die Antherenfächer vollständig, bald finden sie sich nur an den nicht der Scheidewand angehörigen, bald nur an bestimmten Stellen, z. B. in der Nähe der Furche des Staubbeutels u. s. w.

Vor der Reife der Pollenkörner sind die Antheren der Mehrzahl unserer Pflanzen vierfächerig und erst zur Zeit der Blüthe wird die je zwei an einer Seite liegende Fächer trennende zarte Scheidewand resorbirt, so dass jetzt nur zwei Fächer erscheinen. Es gibt indessen auch einzelne Fälle, in denen schon von vornherein nur zwei Fächer vorhanden sind (Abietineen, Alternanthera, Eranthemum).

Zum Studium des Baues der Antheren und ihrer einzelnen Theile sind zarte Querschnitte derselben namentlich erforderlich, während Längsschnitte nur für einzelne Structuren wichtig werden, immer aber zur Unterstützung der durch Querschnitte schon erlangten Resultate von Vortheil sind. Für die genaue Kenntniss der Spiralzellen empfiehlt sich ausserdem die Betrachtung isolirter Zellen von verschiedenen Seiten. Die Schnitte lassen sich am besten bei noch nicht aufgeblühten Knospen fertigen, zu späterer Zeit und namentlich nach dem Aufspringen der Antheren gelangt man dagegen nur schwer und selten zum Ziele. Am besten nimmt man den Schnitt durch die ganze Knospe und isolirt dann unter

dem Präparirmikroskop die Antherenschnittchen. Nur bei grösseren Antheren gelingt ein Schnitt durch diese für sich, wenn man ihn mit recht dünner und scharfer Klinge aus freier Hand macht. Einklemmen zwischen Hollundermark dürfte sich nur bedingt und in seltenen Fällen empfehlen.

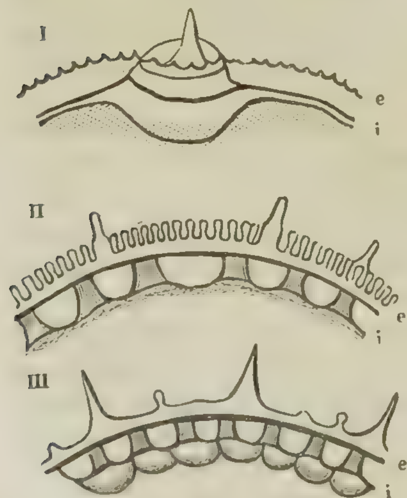
Bau des Blüthenstaubes oder Pollens. — Der Blüthenstaub bildet entweder vereinzelte Zellen, oder es bleiben mehrere, in der Regel 4 bis 16, nach ihrem Entstehen als sogenannte Pollenkörper miteinander vereinigt. Bei den Asclepiadeen wird die ganze Pollenmasse eines Antherenfaches mittelst einer sackartigen Hülle zusammengehalten.

Mit Ausnahme von Zostera (Schacht) besteht die Wandung des Pollenkorns aus zwei Hüllen, der Innenhülle (Intine) und der Aussenhülle (Exine).

Die Innenhülle ist bald nur als ein zartes Häutchen vorhanden (Mirabilis), bald als dicke Schicht entwickelt und besteht aus reinem Zellstoff. Aus ihr entwickelt sich unter günstigen äusseren Verhältnissen der Pollenschlauch, der aus besonderen, hierfür bestimmten, verschiedentlich geformten Austrittsstellen der Aussenhülle hervorbricht. In der Mehrzahl der Fälle verläuft die Intine glatt und die Exine besitzt eine gleichmässige Dicke, in anderen Fällen dagegen besitzt dieselbe verdickte Stellen, welche in ähnlich geformte Hohlräume der Aussenhülle hineinragen.

Die cuticularisirte Aussenhülle kann einfach sein oder aus zwei Schichten bestehen. In letzterem Falle ist die innere Schicht mit Ausnahme der Austrittsstellen gleichmässig verdickt, während die äussere Schicht nur selten gleichmässig verdickt erscheint, sondern die zierlichsten Verdickungsformen zeigt, von denen die einen durch ein centrifugales Wachsthum einzelner Stellen hervorgerufen sind, während andere sich auf die gewöhnliche (centripetale) Verdickungsweise zurückführen lassen. Zu den ersten Verdickungsformen gehören die warzenförmigen Erhebungen bei Viscum, die Stacheln der Malvaceen und Cucurbitaceen, Convolvulaceen u. s. w. (Fig. 284), die zu regelmässig sechsseitigen Feldern mit einander verbundenen, häufig zierlich kammartigen Leisten der Cichoriaceen, zu den anderen die porenartige durchbrochene Verdickung der Aussenhaut bei den Nyctagineen und Convolvulaceen.

Fig. 284.



Querschnitt durch das Pollenkorn; I. von Cucuslita Pepo, II. von Convolvolus altheoides, III. von Althea rosea; *e* Exine, *i* Intine. Vergr. 1 : 1200.

Die Austrittsstellen für den Pollenschlauch, welche (nach Schacht) nur bei Canna und Laurus fehlen, lassen sowohl ihrer Form als ihrer Zahl und Stellung nach mancherlei Verschiedenheiten beobachten. Wahre Löcher bilden die Austrittsstellen bei den Compositen und Geraniaceen; sie treten bei den Malvaceen und Nyctagineen als mit einer zarten Haut, bei Cucurbita, Stellaria als mit einem Deckel geschlossene Poren auf und stellen endlich allmälig verdünnte, nicht scharf umschriebene, in einer Falte des trockenen Pollenkornes liegende Stellen dar. Dieselben sind in der Einzahl vorwaltend bei den Monokotyledonen vorhanden, finden sich dagegen bis zur Mehrzahl bei allen Dikotyledonen, und zwar zu je zweien bei den Ficusarten, zu dreien bei den Onograriceen, Compositen, Cupuliferen, Geraniaceen, zu vier bis sechs bei Impatiens, Carpinus, Ulmus, Alnus, Astrapaea, zu vielen bei den Convolvulaceen, Malvaceen, Sileneen, Nyctagineen, Cucurbitaceen u. s. w.

Um sich mit der Structur der Pollenkörner bekannt zu machen, ist es nothwendig, sowohl unverletzte Körner als zarte Durchschnitte zu beobachten. Im ersteren Falle muss man verschiedene Zusatzflüssigkeiten anwenden, und namentlich auch solche, welche denselben eine grössere Durchsichtigkeit verleihen. Der Untersuchung in Luft lässt man daher eine solche in Wasser, concentrirter Schwefelsäure und Citronenöl oder in anderen flüchtigen Oelen folgen. Ebenso empfiehlt sich eine Behandlung mit den für die Zellwand- und Inhaltsuntersuchungen im Allgemeinen gebräuchlichen Reagentien. Feine Durchschnitte lassen sich in der Seite 325 des ersten Bandes beschriebenen Weise ohne grosse Schwierigkeit anfertigen. Unter den erhaltenen Schnitten wählt man dann aber sorgfältig diejenigen aus, welche entweder eine Mittellamelle vorstellen, oder das Korn in einer bestimmten, für die Kenntniss des Baues und der Anordnung der Austrittsstellen bedeutsamen Richtung getroffen haben. Auch auf derartige Schnitte wird die Anwendung namentlich der Zellstoffreagentien, sowie verschiedener Säuren, der Aetzkalilauge von Wichtigkeit, indem sie manche Einsichten in die feinere Structur der beiden Hüllen gewährt.

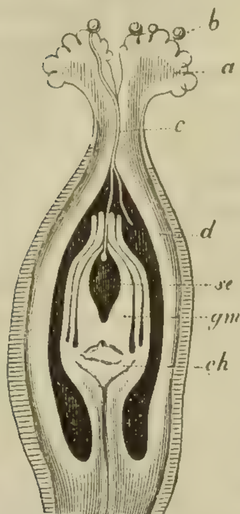
Das Eichen.

Das weibliche Fortpflanzungsorgan, das Eichen — ich ziehe es vor, diese mit den Benennungen für die Kryptogamen conforme Bezeichnungsweise wieder aufzunehmen — entsteht mit Ausnahme der Gymnospermen in einem eigenen Behälter, des im Ganzen und Grossen dem Archegonium der höheren Kryptogamen nicht unähnlichen Pistilles oder Stempels, woselbst es nach der Befruchtung auch seine Ausbildung zu dem die junge Keimpflanze umschliessenden Samenkorne erleidet.

Bau des Stempels. — Der Stempel besteht aus zwei wesentlichen Theilen, dem dem Bauchtheile der Archegonien zu vergleichenden

Fruchtknoten, dem Eibehälter und dem dem Halstheil der Archegonien analogen Staubwegcanal, dessen oberer für die Aufnahme der Pollenkörner bestimmter Theil als Narbe bezeichnet wird.

Fig. 285.



Längsschnitt durch den einsamigen Fruchtknoten des Knöterichs (Polygonum convolvulus) zur Blüthezeit. *a* Narbe, *b* Pollenkörner auf derselben, *c* der Staubweg, *d* die Wand der Fruchtknotenhöhle, *gm* die aufrechte, geradläufige Samenknospe, *se* der Embryosack derselben, *ch* der Knospengrund. Zwei - Pollenschläuche treten durch den Staubweg zur Samenknospe hinab, der eine ist durch die Mikropyle eingetreten, der andere nicht. Vgr. 40.

Was den allgemein histiologischen Bau betrifft, so stimmt derselbe mit dem der übrigen Blattorgane in vielen Beziehungen überein. Der grösseren Masse nach wird er aus Parenchym gebildet, in welchem sich je nach der Entstehung aus vier oder mehreren Fruchtblättern nur ein einziges oder mehrere Gefässbündel finden, an denen man nur in höchst seltenen Fällen eine Verästelung beobachtet. Nach Aussen und Innen wird er im jugendlichen Zustande von einer zarten Oberhaut, Epithelium, begrenzt. Nach der ersteren Seite geht letzteres im weiteren Entwicklungsgange in eine echte Epidermis über und zeigt häufig ganz den Bau der Blattepidermis, ist mit Spaltöffnungen versehen, trägt Haare, Stacheln, Drüsen u. s. w. Nach Innen ist die Umbildung an verschiedenen Stellen, namentlich in Staubweg und Fruchtknotenhöhle, eine verschiedene. Innerhalb der letzteren beobachtet man im fertigen Zustande häufig eine ausgesprochene Epidermis, die in einzelnen Fällen mit Spaltöffnungen versehen ist. Das innere Epithelium entweder nur der Narbe oder dieser sammt eines Theiles oder des ganzen Staubwegcanals, oft auch eines Theiles der Fruchtknotenhöhle bis zu den Eichen hin wandelt sich dagegen in ein papilloses Gewebe, das leitende Gewebe, um, welches zur Zeit der vollen Ausbildung des Stempels eine eigenthümliche klebrige Flüssigkeit, die Narbenflüssigkeit, absondert und die in ihm eingebetteten Pollenkörner zum Hervortreiben ihrer Schläuche veranlasst.

Innerhalb der Fruchtknotenhöhle, die entweder einfächerig oder mehrfächerig sein kann, worüber theils entsprechende Längs- und Querschnitte, namentlich aber die Entwicklungsgeschichte Aufschluss geben, entstehen einzeln oder zu mehreren die Eichen. Dieselben gehen entweder unmittelbar aus der Oberhaut oder aus besonderen Erhebungen der Innenwand, den Samenträgern, hervor und nehmen demgemäss über die ganze Innenfläche, auf einzelne Streifen derselben oder auf letzteren Stellung. Es kommt daher für die Kenntniss des Fruchtknotens auch Stellung, Form und Bau der Samenträger sowie die Art der Befestigung der Eichen an ihnen in Betracht.

Ihrer Stellung nach unterscheidet man frei oder in den Winkeln der Fruchtknotenfächer befestigte, mittelpunktständige und wandständige Samenträger (Fig. 286 bis 288). Der Form nach kann der freie

Fig. 286.



Fig. 287.



Fig. 288.



Fig. 286. Einfächeriger Fruchtknoten mit wandständigen Samenträgern von Pentaraphia (einer Gesneracee). — Fig. 287. Zweifächeriger Fruchtknoten mit mittelständigen Samenträgern vom Löwenmaul. — Fig. 288. Einfächeriger Fruchtknoten mit freiem, mittelständigem Samenträger vom Wasserhelm.

mittelpunktständige Samenträger sitzend oder gestielt kugelig, kegelförmig, cylindrisch, geflügelt sein, während der verwachsene mittelpunktständige oder wandständige Samenträger, der innen als mehr oder minder vorspringende, hier und da an dem Rande einer dünnen Platte sitzende Leiste entwickelt ist, bald einfach an seiner freien Kante, bald an den Rändern von zwei bis vier, oft wieder in die Fruchtknotenhöhle zurückgebogenen Platten die Samenknospen trägt. Sein innerer Bau ist einfach. Dem grösseren Theile nach besteht er entweder nur aus Parenchymzellen (Orchideen), oder es treten in diese ein oder mehrere Gefässbündel ein, welche so viele Aeste entsenden, als Eichen vorhanden sind. Diese letzteren stehen an jedem Samenträger entweder einzeln oder in der Mehrzahl und sind entweder mehr oder minder deutlich gestielt, sitzend, oder gar, wenn sich zwischen ihren Anheftungsstellen die Masse des Samenträgers stärker entwickelt, in den letzteren etwas eingesenkt.

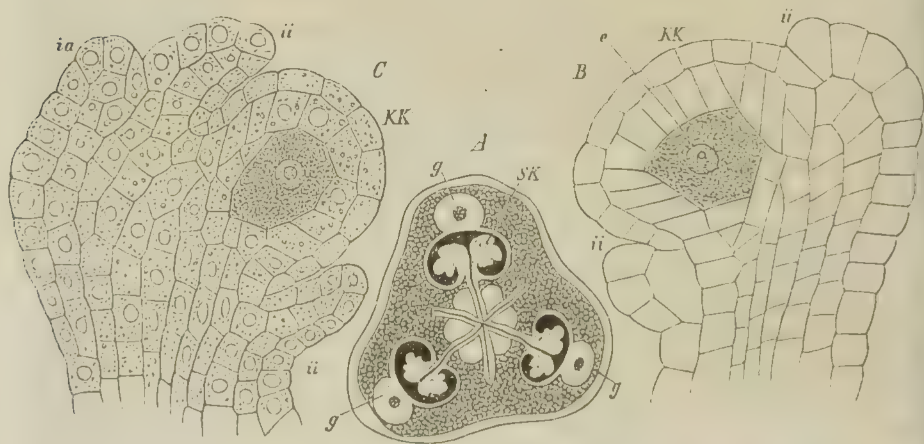
Um sich über den Bau des Fruchtknotens, namentlich auch über den Zusammenhang des Staubwegcanals oder, wo mehrere vorhanden sind, der Staubwegcanäle mit der Fruchtknotenhöhle und deren Fächern, über die Verhältnisse, welche in Bezug auf Stellung, Form u. s. w. der Samenträger u. s. w. vorkommen, zu unterrichten, sind Längsschnitte zunächst durch die Mitte von Fruchtknotenhöhle, Staubweg und Narbe, sodann noch verschiedene andere, durch die Stellung der Fruchtträger u. s. w. bedingte Längsschnitte, sowie in verschiedener Höhe des Stempels und Fruchtknotens geführte Querschnitte erforderlich, welche zu verschiedenen Perioden der Entwicklung angefertigt werden müssen und mittelst eines passenden scharfen Messers unschwer aus freier Hand zu erlangen sind.

Entstehung der Eichen. — Um den Bau des fertigen Eichens genau zu verstehen, ist es gerathen, dessen Entwicklung mittelst Quer- und Längsschnitte, für welche eben die Stellung der Samenträger u. s. w. bedingend werden und die in den aufeinanderfolgenden Entwicklungs-

zuständen der Blüthenknospen zu entnehmen sind, zu verfolgen. Die erste Anlage besteht in einer welligen Erhebung des Samenträgers oder der Fruchtknotenwand, aus welcher der Knospenkern hervorgeht. Wo der letztere ohne Eihülle, nackt, verbleibt, da bildet sich derselbe zu seiner demnächstigen Gestalt durch Zellentheilung heran und bildet meist ein eiförmiges Körperchen, in welches am Anheftungspunkte ein Gefässbündel eintritt, oder das ohne Gefässbündel verbleibt.

Die Entstehung der Eihüllen macht sich durch das Auftreten von Kreisfalten am Grunde des Eikernes bemerklich. Wo zwei Hüllen auftreten, da tritt die äussere erst auf, nachdem die eine schon theilweise über den Eikern emporgewachsen ist. Zu verschiedenen Zeiten geführte Schnitte lassen dann leicht das Heranwachsen beobachten und gewähren zugleich eine klare Ansicht über die Entwicklung der Mikropyle, welche später dem Pollenschlauche den Zugang zu dem Eikerne respective dem Embryosacke gestattet. Der letztere entwickelt sich durch vorwaltendes Wachsthum einer Zelle des Eikernes, wodurch entweder dessen ganze Gewebe oder doch ein mehr oder minder beträchtlicher Theil desselben verdrängt wird, so dass entweder der ganze Eikern oder ein bestimmter Theil seines Inneren von dieser vergrösserten Zelle eingenommen wird, welche in verschiedenen Formen auftritt (Fig 289).

Fig. 289.

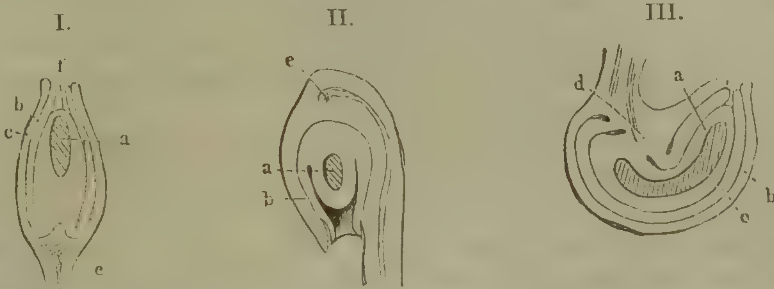


Funkia cordata (nach Sachs). *A* Querschnitt des jungen oberständigen Fruchtknotens; *B* und *C* zwei auf einander folgende Jugendzustände der Samenknospen im optischen Längsschnitt; *KK* Gewebe des Knospenkerns, *ii* innere, *ia* äussere Eihülle, *e* Embryosack.

Neben diesen Aufklärungen gibt die Entwicklungsgeschichte auch die für die Beobachtung des Befruchtungsprocesses wichtigen Anhaltspunkte über die Richtung des Eichens, d. h. über die Lage dieses selbst zur Fruchtknotenhöhle oder der Mykropyleöffnung zu dem Anheftungspunkte. In letzterer Beziehung unterscheidet man, ohne die verschiedenen Zwischenformen und Uebergänge zu berücksichtigen, die sich eben

kaum hinreichend genau charakterisiren lassen, am einfachsten vier Hauptrichtungen (Fig. 290): die geradläufige (orthotrope, Polygonum,

Fig. 290.



I. Geradläufige, II. gegenläufige, III. gebogene Samenknospe. *a* Knospenkern mit dem Embryosacke, *b* und *c* Knospenhüllen, *f* Knospenmund, *d* Knospengrund (schematisch).

Juglans etc.), die gegenläufige (anatrope), wo die Mykropyleöffnung neben dem Anheftungspunkte liegt (Cucurbitaceen, Liliaceen u. s. w.), die gekrümmte (campylotrope), wobei die Entwicklung einseitig stattgefunden hat, so dass der Eimund gleichfalls neben dem Anheftungspunkte zu liegen kommt (Chenopodiaceen, Cruciferen), und die gebogene (lycotrope), wo das ganze Eichen, Hülle, Eikern und Embryosack hufeisenförmig gebogen erscheinen (Alismaceen). Die Lage gegen die Fruchtknotenhöhle ist grundständig mit aufwärts oder abwärts gerichtetem Eimund, wenn das Eichen unmittelbar an dem Grunde angeheftet ist (Polygonum, Juglans, Compositen), hängend, wenn der Anheftungspunkt höher liegt als der Grund des Eichens, wobei das letztere an einem centralen Träger (Plumbagineen) oder an der Wand befestigt sein kann (Typhaceen, Quercus, Propaeolum u. s. w.), unbestimmt, wenn bei einer grösseren Anzahl von Eichen keine ausgesprochene Richtung vorwaltet.

Bau des Eichens. — Die Eichen bestehen im fertigen Zustande zum grössten Theile aus einem parenchymatischen Gewebe. Gefässbündel fehlen sowohl den Hüllen als dem Knospenkerne, deren äussere Zellenlagen als ein wahres Epithelium von den inneren sich unterscheiden lassen. Nur in dem Samenträger und der Samennaht verläuft ein Gefässbündel, endet aber im Knospengrunde. Den wichtigsten Theil bildet der Embryosack, dessen Entstehung schon im Vorausgehenden betrachtet wurde. Sehen wir von der Zeit kurz vor der Befruchtung ab, wo demselben eine eingehendere Beachtung zuzuwenden ist, so haben wir es hier vor Allem mit seinem Verhältnisse zu dem umgebenden Gewebe und seiner Form zu thun. Was das erstere betrifft, so hängt es eben von der Art und Weise ab, in welcher das Gewebe des Eikernes von ihm verdrängt wurde und wie die Lage der Zelle war, aus der er hervorgewachsen. So kann derselbe mehr nach der Mikropyle oder mehr zurück in dem Grunde des Eikernes liegen, frei in die erstere hineinragen oder von einer mehr oder

minder mächtigen Zellschicht bedeckt werden. Der Gestalt nach kann er — abgesehen davon, dass er der Krümmung des ganzen Eichens sich anschliesst — cylindrisch, nach vorn oder hinten keulenförmig erweitert, in der Mitte eingeschnürt sein, ja gar, wie bei den Scrophularineen, eine oder mehrere sackartige Anhänge in das übrige Gewebe treiben, oder frei und auf längere Erstreckung aus dem Eimunde hervortreten (Santalum).

Zur Erkenntniss des Baues der Eichen lassen sich diese nur selten unvorbereitet verwenden. Nur bei den Orchideen, bei Monotropa und Pyrola sind die ausserdem ihres zarten Baues wegen kaum eine andere Präparation zulassenden Eichen durchsichtig genug, um durch passende Verwendung der feinen Einstellung über alle Verhältnisse ins Klare zu kommen. Bei den Scrophularineen kann man durch Behandlung mit Aetzkalilösung die nöthige Durchsichtigkeit hervorrufen. Dagegen verlangen alle übrigen Pflanzen eine Mittellamelle des Eichens. Diese erhält man je nach der Stellung, welche die letzteren gegen die Fruchtknotenhöhle einnehmen, leicht mittelst aufeinanderfolgender zarter Quer- oder Längsschnitte durch den ganzen Fruchtknoten, indem unter den vielen durchschnittenen Eichen sich immer eines oder das andere finden wird, welches der Schnitt in der gewünschten Weise getroffen hat. In anderen Fällen wird es jedoch auch so nicht gelingen, ein passendes Bild zu erlangen, und man wird die Eichen von dem Samenträger ablösen und einzeln durchschneiden müssen. Man bringt sie zu dem Ende unter Beihülfe der Lupe in der richtigen Lage auf den etwas benetzten Zeigefinger, nimmt mittelst einer recht scharfen und dünnen Klinge die obere Seite weg, kehrt mittelst eines Pinsels das Object um und nimmt dann auch die obere Hälfte bis auf die mittlere Lamelle weg. Hat man während des Schneidens die Richtung genau eingehalten und ist namentlich der erste Schnitt nicht zu tief gelegt worden, so wird man auf diese Weise unschwer gute Präparate erhalten, an denen man alle für jetzt in Betracht kommenden Verhältnisse zur Anschauung bringen kann.

Erst nachdem man diese vorbereitenden, für die specielle Beobachtung des Befruchtungsvorganges zur genauen Orientirung dienenden Untersuchungen vorgenommen hat, schreite man zu dieser selbst, indem man zunächst das Verhalten des nach der Verstäubung auf die Narbe gelangten Pollenkornes und des zur Befruchtung sich vorbereitenden Embryosackes mit den in ihm vor sich gehenden Zellenbildungsprocessen u. s. w. und dann das Zusammenwirken von Pollenschlauch und Keimzelle studirt.

Der Befruchtungsprocess.

Das Pollenkorn nach der Verstäubung. — Sobald das Pollenkorn nach der Verstäubung auf die Narbe gelangt ist, treibt es unter dem Einflusse der Narbenflüssigkeit den Pollenschlauch (Fig. 291). Dieser

gehört bei den Mono- und Dikotyledonen der Innenhülle an, welche sich schlauchförmig verlängert, aus den dafür bestimmten Austrittsstellen, wo sie offene Poren vorstellen, direct heraustritt, bei geschlossener Austrittsstelle aber die daselbst nur dünne Aussenhülle sprengt oder das vorhandene Deckelchen fortschiebt; bei den Gymnospermen wird der Schlauch von einer Tochterzelle des Pollenkornes entwickelt und tritt aus der klappig aufreissenden Aussenhülle hervor (Fig. 292). Von der Narbe aus steigen die Pollenschläuche inmitten des leitenden Gewebes durch den Staubwegcanal in die Fruchtknotenhöhle hinab und gelangen zu dem Eimund oder der Mikropylenöffnung. Die Zeit, welche zur Vollendung dieses Weges erforderlich ist, ist je nach den Pflanzen verschieden, hängt aber weniger von der Länge des Griffels, als von anderen in der Lebensthätigkeit liegenden Bedingungen ab.

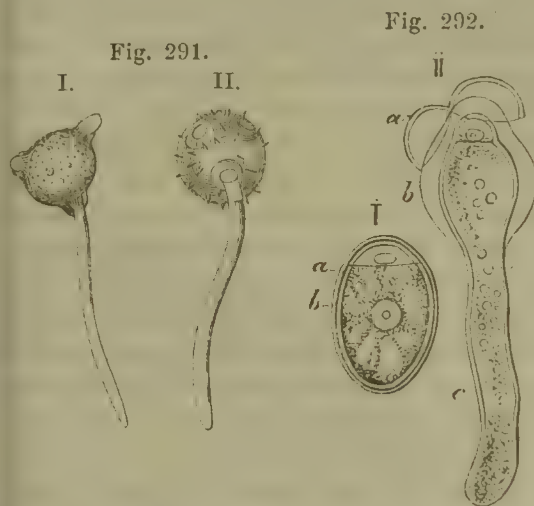


Fig. 290. Pollenkörner, welche Pollenschläuche treiben; I. von der Weberkarde, II. vom Kürbis.

Fig. 291. Cypresse (Cupressus sempervirens). I. Ein Pollenkorn mit seinen beiden Zellen; *a* und *b* die beiden Häute desselben. II. Ein Pollenkorn, welches aus der grösseren Zelle den Pollenschlauch (*c*) gebildet hat. Vergr. 1 : 300.

Um diese Wanderung der in der Regel einfach bleibenden, nur selten sich verzweigenden (Fagus silvatica, Viola tricolor, Crocus, Oenothera) Pollenschläuche und die in deren Inhalte vor sich gehenden Veränderungen zu verfolgen, bestäubt man sich geeignete Blüthen am besten selbst und untersucht dieselben dann täglich. Eine mittelst Längsschnitt durch Fruchtknotenhöhle, Staubweg und Narbe erlangte Mittellamelle des Stempels gewährt in der Regel eine vollständig klare Uebersicht aller Verhältnisse. Ist der Griffel hinfällig, so wird man darauf verzichten müssen, den Verlauf der Pollenschläuche ohne Unterbrechung zur Anschauung zu bringen. Will man die Pollenschlauchbündel mit den etwa anhängenden Zellen des leitenden Gewebes isoliren, so gelingt dieses leicht durch Entfernung der Wandungen des Staubwegcanals mittelst der Nadel. Einzelne derselben stellen sich dann in ihrem Verlauf bis zu der Mikropyleöffnung des Eichens dar und lassen über das Eindringen in diese nicht den geringsten Zweifel.

Der Embryosack unmittelbar vor der Befruchtung. — Hier gilt es zunächst, soweit es möglich ist, die Zellenbildungsprocesse innerhalb des Embryosackes in ihrem Verlaufe oder doch in ihrem Endproducte

zu studiren. Um dieses zu können, ist es aber erforderlich, noch weit sorgfältiger zu präpariren, als bei der Untersuchung des Baues der Eichen im Allgemeinen. Klare Einsicht gewinnt man bei der Mehrzahl der Pflanzen nur dann, wenn es gelingt, den ganzen Embryosack oder doch mindestens dessen Spitze bloszulegen, insoweit dieser Manipulation nicht die zarte Beschaffenheit des letzteren selbst oder der in ihm neugebildeten Zellen ein Hinderniss entgegensetzt, wo man sich dann mit zarten Mittellamellen des Eichens begnügen muss. Eine geschickte Führung des Messers und der Nadel, sowie die erforderliche Geduld, die vor dem häufigen Misslingen der Präparation nicht zurückschreckt, werden indessen auch hier zum Ziele führen, namentlich wenn passende Pflanzen ausgewählt werden, wozu z. B. Gladiolus, Crocus, Zea, Euphrasia, Cheiranthus und andere gehören. Die Beobachtung selbst nimmt man unter einer der Seite 271 des ersten Bandes angeführten Zusatzflüssigkeiten vor, um das natürliche Verhältniss so wenig als möglich zu stören, und namentlich auch die Neubildungsprocesse nicht zu verdunkeln, was immer mehr oder weniger durch den Einfluss des Wassers geschieht.

Es sind vorzugsweise die Spitze und das gegenüberliegende Ende des Embryosackes, wo man die neu entstandenen Zellen zu suchen hat. In der ersteren liegen die beiden Keimzellen, in dem letzteren eine oder mehrere Zellen, die sogenannten Gegenfüssler (Fig. 293). Die Keimzellen sind Primordialzellen, d. h. sie besitzen nur eine Zellhaut, noch keine Zellstoffhülle. Ueber jeder derselben erkennt man bald mehr bald minder deutlich ein eigenthümliches Structurverhältniss. Es ist nämlich dort eine eigenthümlich glänzende streifige Zellstoffmasse, welche sich über die Spitze der Keimbläschen mehr oder minder hinwegzieht, bis unter die Spitze des Embryosackes reicht, über dieselbe die Zellstoffhülle durchbrechend hervorragt oder sogar aus dem Eimunde hervortritt (Watsonia und Santalum album, Fig. 294). Ueber die Natur dieser Zellstoffmasse, welche von ihrem Entdecker Schacht den Namen Fadenapparat erhalten hat, besteht noch eine Controverse. Schacht und Schenk betrachten den Fadenapparat als der Keimzelle angehörig, Hofmeister schreibt ihn einer Cuticularbildung der Embryosackhülle zu. Soweit ich in dieser Beziehung aus eigenen Beobachtungen schöpfen kann, sowie nach dem, was ich an den unübertrefflich klaren Präparaten Schacht's gesehen, die mir in grosser Anzahl zur Verfügung standen, muss ich mich der Ansicht der Ersteren anschliessen.

Die Lage der Keimzellen ist je nach der Form der Spitze des Embryosackes eine verschiedene. Bald stehen dieselben ziemlich auf gleicher Höhe nebeneinander, bald liegt das eine höher in der Spitze und das andere etwas tiefer, mehr nach der Seite gewendet.

Die Einwirkung des Pollenschlauches auf die Keimzellen. — Der in den Eimund eingedrungene Pollenschlauch durchbohrt, wo dieses vorhanden ist, das Gewebe der Kernwarze und dringt bis zu dem Embryo-

sacke vor. Liegen die Keimzellen innerhalb der Zellstoffhülle des letzteren, so wird auch diese durchbohrt (Canna). Der bis zur Spitze der Keimzelle gelangte Pollenschlauch legt sich nun mit seiner Spitze, wo dessen Zellstoffhülle in der Regel mehr oder minder aufgequollen und sein Inhalt verhältnissmässig spärlich erscheint, an den Fadenapparat der

Fig. 293.

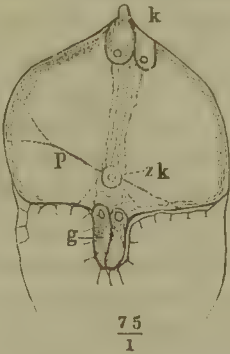
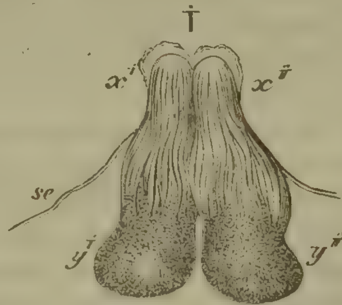


Fig. 294.



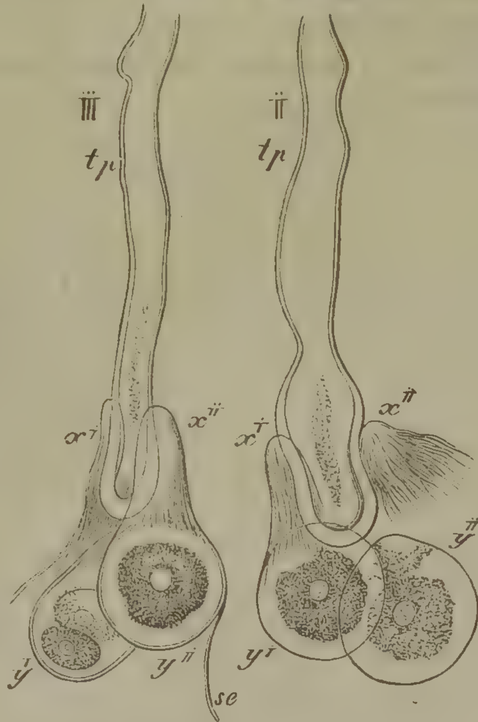


Fig. 292. Der obere Theil des Samenknospenkernes von Crocus. *P* der Embryosack mit seinem Zellkerne *z k*, *k* die Keimkörperchen, *g* die Gegenfüssler. Vergr. 1 : 75.

Fig. 293. Der Befruchtungsvorgang beim Siegwurz (Gladiolus segetum). I. Die beiden Keimkörperchen in der Spitze des Embryosackes, *x* der sogenannte Fadenapparat, *y* die zu befruchtenden Protoplasmakugeln, *se* Membran des Embryosackes. II. Ein Pollenschlauch (*tp*), welcher die beiden Keimkörperchen kürzlich befruchtet hat, mit ihnen freigelegt; die um die Protoplasmakugeln entstandenen Membranen sind noch sehr dünn. III. Ein etwas späterer Zustand; die Membranen sind dicker, das befruchtende Keimkörperchen y^1 beginnt sich weiter zu entwickeln und in zwei Zellen zu theilen. Vergr. 1 : 400.

Keimbläschen an und geht mit demselben eine mehr oder minder feste Verbindung ein (Fig. 294). Jetzt macht sich auch in der Keimzelle eine Veränderung bemerklich. Der Inhalt zeigt Vacuolen und etwas später Protoplasmastreifen zwischen Umfang und Kern, während zugleich eine zart contourirte Zellstoffumhüllung auftritt. Die Befruchtung ist wahrscheinlich durch Hinübertreten eines Theiles des Pollenschlauchinhaltes in die

Keimzellen mittelst Diffusion vollzogen und es geht eines oder seltener beiden Keimbläschen der Umbildung zu der jungen Keimpflanze entgegen. Im ersteren Falle geht die sich nicht weiter entwickelnde Keimzelle bald zu Grunde, während die andere sich mehr oder minder stark verlängert und dann in zwei Zellen theilt, von denen die obere zum Embryoträger, die andere zur Mutterzelle des Keimes wird.

Neben diesen Umbildungen in der befruchteten Keimzelle erfolgt in dem Embryosacke mit Ausnahme nur weniger Pflanzen ein weiterer Zellenbildungsprocess, der dem Sameneiweisse seine Entstehung gibt. Hier waltet insofern eine Verschiedenheit, als diese Neubildung entweder durch aufeinanderfolgende Theilungen in der Art erfolgt, dass sich der Embryosack durch eine wagerechte Scheidewand zuerst in zwei, dann diese beiden Tochterzellen sich wieder in gleicher Weise theilen und dieser Process sich dann in aufeinander senkrechter Richtung fortsetzt, oder dass in dem Wandprotoplasma des Embryosackes die Mutterzellen des Sameneiweisses zunächst durch freie Zellenbildung hervorgehen, und sich dann erst durch Theilung vermehren. In beiden Fällen entsteht ein dichtes Gewebe, welches die Keimanlage umgibt und je nach den Pflanzen bald den ganzen Embryosack, bald einen bestimmten grösseren oder kleineren Theil desselben erfüllt.

Figurenerklärung.

Allgemeine Organisation der Zelle.

Tafel I.

Fig. 1. Eben entstandene, nur mit der Zellhaut umkleidete Pollenzelle. II. Junge Endospermzellen; *a*, *b*, *c* die verschiedenen Entwickelungsfolgen. III. Keimbläschen zur Befruchtung bereit. Bei allen Figuren bezeichnet *k* den Zellkern. Vergr. 1 : 670.

Fig. 2. I. und II. dieselben Objecte wie Fig. 1. I. und III. nach der Abscheidung der Zellstoffhülle; *x* Ansatzstelle des Keimbläschens am Embryosack.

Fig. 3. I. Junges Pollenkorn. II. Parenchymzelle aus der Rinde von Nerium. In beiden Objecten die Primordialzelle zusammengefallen, bei I. in Folge der Jodwasserwirkung, bei II. in Folge der Mazeration in Wasser. *k* Zellkern, *h* Zellhaut, *c* Zellhülle, *p* das Protoplasma, welches sich theilweise von der Zellhaut abgelöst hat und stärker geschrumpft ist. Vergr. 1 : 670.

Fig. 4. Verschiedene Zellkerne: I. aus Kleinia sp. mit mehreren Kernkörperchen *n*, *a* und *b* Flächenansicht, *c* Durchschnittsansicht; II. aus der Frucht von Solanum tuberosum mit verdichteter Aussenschicht und einem sehr grossen Kernkörperchen, das noch ein kleines hellglänzendes Kernchen einschliesst; III. aus Spyrogyra nitida; IV. aus einer Spaltöffnung von Allium cepo. Vergr. 1 : 1200.

Fig. 5. Einzelne Zellen: I. aus Vallisneria spiralis mit im wandständigen Protoplasma *p* gebetteten Zellkern *k*; II. aus Solanum tuberosum mit mittelpunktständigem Zellkern. Vergr. 1 : 660.

Fig. 6. Zellen aus dem Blattparenchym von Vallisneria spiralis mit wandständigem Protoplasmastrom. Der Strom verläuft in einer geneigten Bahn an den senkrecht stehenden Wänden und ist die in der Zeichnung durch die Haltung des Inhaltes angedeutete höhere und tiefere Lage erstere durch +, letztere durch ϕ bezeichnet, *p* Protoplasma, *k* Zellkern, *cl* Chlorophyllkörner; bei *x* letztere ausserhalb des Stromes gelanzt und ruhend. Vergr. 1 : 1000.

Fig. 7. Parenchymzelle aus dem Blüthenschaft von Tradescantia virginica mit nahezu einfach spiraligem Protoplasmastrom, der an der Wand verläuft. *k* Zellkern, *p* Protoplasma, *cl* Chlorophyllkörner. Vergr. 1 : 420.

Fig. 8. Haarzelle von Chelidonium majus mit Binnenströmchen. Die Richtung der Strömchen durch Pfeile angedeutet. *k* Zellkern, *p* Protoplasma. Vergr. 1 : 820.

Fig. 9. Zellen des Staubfädenhaares von Tradescantia virginica mit verschiedenen Entwickelungsstufen der Protoplasmaströmchen, welche durch die Reihenfolge der Buchstaben *a* (1 und 2), *b*, *c* angedeutet sind; *d* ist eine alte Haarzelle, in der die Protoplasmaströmchen erstarrt sind und ein homogen glänzendes Aussehen angenommen haben. Die dunkleren Körnchen im Protoplasma bestehen aus Stärke. Vergr. 1 : 660.

Fig. 10. I. Querschnitte durch junge Laubblätter von Allium cepa. *a* von einem ganz jungen gelblichen Blättchen mit homogen grünlichgelbem Wandbeleg; *b* von einem etwas älteren Blatte, der Wandbeleg ist mehr ergrünt und beginnt sich zu theilen; bei *x* eine Parenchymzelle von oben gesehen. II. *a* Querschnitt aus dem jungen Blättchen einer Chenopodiacee (Basella) mit gelbgrünem sich theilendem Wandbelege, der hier und da unterbrochen erscheint und mit farblosen Protoplasmastreifen *pl* zusammenhängt; *b* eine einzelne Zelle aus einem älteren Blatte, in dem die Chlorophyllbildung zum Theil schon vollendet oder die Theilung des grünen Wandbeleges doch nahezu beendet ist. Vergr. 1 : 660.

Fig. 11. Zwei Zellen aus der jungen Kapselwand von Marchantia mit in der Nähe des Kernes *k* stattfindenden Chlorophyllbildung *cl*. Vergr. 1 : 1200.

Fig. 12. Drei Zellen aus dem äusseren Stengelparenchym des Keimes von Allium cepa. *a* Das gelbe Protoplasma umhüllt den centralen Kern und sendet Fäden gegen die Wand. *b* Eine ältere Zelle mit beginnender Chlorophyllbildung an der Wand; das Protoplasma bildet um den Zellkern nur noch eine dünne Schicht. *c* Zellkern an die Wand gelegt, feine Fäden farblosen Protoplasmas, das Chlorophyll an der Wand vollkommen ausgebildet. (Copie nach Sachs, Bot. Ztg. 1863, Tafel III.)

Tafel II.

Fig. 13. Entstehung der Stärke in dem Chlorophyll. I. Einzelne Chlorophyllkörner aus dem Blatte von Mikania scandens mit einzelnen Stärkekörnern. II. Desgleichen aus dem Blatte von Tradescantia mit zahlreichen Stärkekörnchen. III. Desgleichen aus dem Blatte von Basella mit einzelnen sowohl als mit mehreren Stärkekörnchen. Die Entwickelungsfolge nach der Folge der Buchstaben. *st* Stärke. Vergr. 1 : 1280.

Entstehung der Pflanzenzelle.

Fig. 14. Freie Zellenbildung in dem Embryosacke von Phaseolus multiflorus. *k* Freie Kerne, *a a* eben um den Keim entstandene junge Zellen, *b b* weiter fortgeschrittene Entwickelungsstände, *c* und *d* mit der Zellstoffhülle umgebene Zellen verschiedenen Alters.

Fig. 15. Entwickelung der Keimzelle von Marchantia polymorpha. Von *a* bis *d* verschiedene Entwickelungsstufen vor der Befruchtung, *e* nach der Befruchtung und Abscheidung der Zellhülle, *k* Zellkern, *c* Centralzelle, *K* Keimzelle. Vergr. 1 : 740.

Fig. 16. Sporenbildung von Peziza leuoloma (?). *a* Sporenschlauch mit einem centralen Kern und kleinen Vacuolen *v*, *b* Sporenschlauch mit acht freien Kernen, *c* bis *e* Sporenschläuche mit jungen Sporen, *sp* ohne Zellstoffhülle, *f* Theil eines Sporenschlauches auf der Stufe *e* mit Jodtinctur behandelt, *g* Sporenschlauch mit jungen Sporen, welche eben ihre Zellstoffhülle gebildet haben, *h* fertige Spore. Vergr. 1 : 620.

Fig. 17. I. Theil eines Fadens von Ulothrix zonata in vegetativem Zustande. II. Theil eines solchen Fadens, in welchem Schwärmsporen entstehen. *a* bis *f* Folge der verschiedenen Entwickelungsstufen, *h* Scheiden in Auflösung begriffen. Vergr. 1 : 670.

Fig. 18. I. Aus einem Querschnitt von Pinus silvestris (halbschematisch, indem die verschiedenen Entwickelungsstufen dicht an einander gereiht wurden). Die Zahlen 1 bis 3 bezeichnen die sich folgenden Entwickelungsstufen in der Cambiumregion *c c*. Bei 1 beginnt die Zelle sich zu theilen, bei 2 ist die Theilung vollendet, aber noch keine cambiale Zellhülle abgeschieden, bei 3 hat die Abscheidung der letzteren stattgefunden. *m m* Markstrahlen, *h* Holz-, *b* Basttheil des Gefässbündels. Vergr. 1 : 500. — II. Zelltheilung in dem Endosperm von Phaseolus multiflorus unter verdünnter Eiweisslösung betrachtet. *a* Zelle zur Theilung bereit, *b* Theilung des Kernes und der Mutterzelle, *c* Theilungszustand mit junger Zellhülle der Tochterzellen, die aber noch äusserst zart ist, *d* eine Zelle in Theilung; die der Vollendung der Theilung nahe Mutterzelle ist durch die längere Einwirkung von Wasser zusammengefallen.

Tafel III.

Fig. 19. *a* bis *g* verschiedene Theilungszustände der Cladophora glomerata. *d* der Entwickelungszustand von *c* mit Jodjodkalium behandelt. Vergr. 1 : 400.

Fig. 20. Zelltheilung von Ulothrix zonata. I. Theil eines unverletzten Fadens in dem Wasser betrachtet, in dem die Pflanze vegetirt. *a* bis *f* bezeichnen die Folge der Entwickelungsstufen, *g* eine nahezu ausgewachsene und zur Theilung bereite Zelle. II. Theil von einem in Chlorcalcium aufbewahrten Faden. *a* bis *d* die Folge der verschiedenen Theilungszustände ausweisend. Vergr. 1 : 500.

Tig. 21. Zelltheilung von Oedogonium apophysatum (Alex. Br.). *a* bis *c*, dann *e*, *f* und *h* die verschiedenen Entwickelungszustände; *d* Theil einer Zelle auf der Entwickelungsstufe *c* mit Jodjodkaliumlösung behandelt, *g* desgleichen auf der Stufe *f* mit Jod und Schwefelsäure behandelt, wodurch nicht nur die Primordialzelle, deren Theilung noch nicht vollendet, zusammengefallen, sondern auch die jugendliche Zellstoffhülle *tz* von der Mutterzellhülle *mz* theilweise zurückgezogen worden ist; *k* Zellkern, *z* die Ringfalte, z^1 die Zellstoffhülle jüngster, z^2 jene der vorhergehenden Generation, *s* die Scheide, *m* die Theilungsstelle, *mz* die Mutterzellhülle der eben getheilten Zelle, *tz* die Tochterzellhülle. Vergr. 1 : 670.

Fig. 22. Vier Theilungszustände der pollenbildenden Zellen von Anthericum Liliago. Vergr. 1 : 400.

Fig. 23. *a*, *c*, *e* und *f* Verschiedene Theilungszustände der pollenbildenden Zellen von Cucurbita pepo; *b* und *d* den Figuren *a* und *c* entsprechende Zustände nach der Behandlung mit Jodkalium; *f* Entstehung der jungen Pollenzellen in deren Mutterzellen. Vergr. 1 : 670.

Tafel IV.

Fig. 24. *a* bis *c* Theilung der sporenbildenden Zellen von Marchantia polymorpha. Vergr. 1 : 670.

Fig. 25. Theilung der Sporenmutterzellen von Pellia epiphylla. *a* Mutterzelle, *b* Mutterzelle mit beginnender Ausstülpung und den Zellkernen für die Tochterzelle; *c* vollendete Einstülpung, der körnige Inhalt hat sich in den Tochterzellen angesammelt; *d* weiterer Entwickelungszustand, in dem sich um die jungen Sporen die Zellhaut gebildet hat; *e* die Sporen haben sich mit der Zellstoffhülle umkleidet; *f* Ueberreste der Sporenmutterzellen. Vergr. 1 : 420.

Die Umbildung der Zellen (Entstehung der Verdickungsschichten).

Fig. 26. Entwickelungsgeschichte des Spiralbandes der Schleuderzellen von Fegatella conica. I. Junge Schleuderzelle mit Stärkekörnern und sich eben bildenden Vacuolen. II. Stück einer etwas älteren Zelle, in der sich die Vacuolen so vergrössert haben, dass nur noch schmälere die Stärkekörner mitführende Protoplasmastreifen bleiben, die bei III. in spiralige Protoplasmabänder (Protoplasmaströmchen) übergehen. IV. Mittelstück einer Zelle wie bei III. mit schwacher Zuckerlösung behandelt, worauf die Primordialzelle nebst den Protoplasmaströmchen zusammengefallen ist. V. Theil einer Schleuder, in der das Verdickungsband sich eben zu bilden begonnen hat. VI. Aehnlicher Zustand nach der Behandlung mit Zuckerlösung. VII. Mittelstück einer völlig ausgebildeten Schleuder mit schon verholztem Spiralbande. Vergr. 1 : 660.

Fig. 27. Entwickelung der secundären Verdickung der Kapselwandzellen von Marchantia polymorpha. I. Zellen, in denen das um den Kern gelagerte Chlorophyll noch vollständig erhalten und das Protoplasma mit kleinen Körnern gleichmässig über die Zellwand verbreitet ist. II. Zellen, in denen das Chlorophyll verschwunden ist und in dem kleinere Stärkekörner enthaltenden Wandbelege des Protoplasmas rundliche Vacuolen entstanden sind. III. Zelle mit zu schmalen Bändern entwickeltem Wandbelege, in welchem nur noch ganz kleine Stärke-

körnchen enthalten sind. IV. Aehnlicher Entwickelungszustand mit Zuckerlösung behandelt, wodurch die Primordialzelle mit dem Inhalte, der noch die spiralstreifige Protoplasmaanordnung zeigt, zusammengefallen ist. V. Zelle, in der die Entwickelung der Zellstoffabscheidung der Spiralbänder begonnen hat. VI. Aehnlicher Zustand mit Zuckerlösung behandelt, wodurch die Primordialzelle sammt dem Inhalte von der die spiralige Verdickung zeigenden Zellstoffhülle zurückgezogen wurde. VII. Vom Inhalte entleerte Zelle mit vollständig entwickelten secundären Verdickungsbändern. Vergr. 1 : 800.

Fig. 28. Entwickelung der netzförmigen Verdickungsschichten in den Gefässzellen von Impatiens noli tangere. I. Gefässzelle mit zwei benachbarten Zellen, welche Binnenströmchen erkennen lassen. In der Gefässzelle überkleiden zahlreiche netzförmig verbundene Wandströmchen die Zellhaut, während von dem bereits wandständigen Kerne aus noch einzelne Binnenströmchen durch das Lumen der Zelle ziehen. II. Eine ähnliche Zelle nach der Behandlung mit schwacher Jodlösung, so dass sich die die verzogenen Protoplasmaströmchen umkleidende Primordialzelle von der noch völlig glatten primären Zellstoffhülle zurückgezogen hat. III. Eine gleiche Gefässzelle mit den sie von oben und unten begrenzenden Zellen auf einer späteren Entwickelungsstufe. Dieselbe ist mit schwacher Jodlösung behandelt, so dass sich auf der frei gewordenen primären Zellstoffhülle. die secundären netzförmigen, den Protoplasmaströmchen entsprechenden Verdickungsschichten beobachten lassen. Vergr. 1 : 340.

Intercellularsubstanz und Cuticula.

Tafel V.

Fig. 29. I. Theil aus dem Querschnitte des Holzes von Abies excelsa bei solcher Einstellung, dass die Intercellularsubstanz *(i)* als dunkleres Netzwerk zwischen den primären Zellstoffhüllen *p* erscheint. II. Aehnliches Präparat mit Salpetersäure kurze Zeit gekocht und dann unter Ammoniaklösung betrachtet, wodurch die Intercellularsubstanz eine hochgelbe Farbe angenommen hat. III. Theil eines Querschnittes, der zuerst kurze Zeit mit Salpetersäure gekocht und dann mit kalter Kalilösung behandelt wurde; die Zellen erscheinen getrennt und die Intercellularsubstanz, welche sich durch ihre gelbe Färbung zu erkennen giebt, theilweise gelöst. IV. Aehnlich behandeltes Präparat unter Chlorzinkjodlösung betrachtet. Die Intercellularsubstanz *i* dunkelgelb, die ganze Zellstoffhülle von der primären *p* bis zur tertiären Schicht *t* violett gefärbt. V. Theil eines zuerst in Salpetersäure, dann in Kalilösung gekochten Querschnittes, wodurch die Intercellularsubstanz gelöst wurde und die Zellen durch leere Zwischenräume *zz* getrennt erschienen. VI. Ein ähnlich behandelter Schnitttheil unter Chlorzinkjodlösung betrachtet; Bezeichnung wie in V. Vergr. I. bis VI. = 1 : 520.

Fig. 30. I. Theil eines Querschnittes aus dem Holze von Pinus canariensis kurze Zeit in einem Gemisch von Salpetersäure und chlorsaurem Kali digerirt, wodurch die Intercellularsubstanz *i* gelockert wurde und als dunklere, stärker entwickelte Zwischenmasse zwischen den höchst deutlich hervortretenden primären Zellstoffschichten *p* erscheint. II. Aehnlich behandeltes Präparat nach der Einwirkung von Jodlösung, wodurch verschiedene Färbung in der Intercellularsubstanz und den Zellstoffhüllen hervorgerufen wird. Vergr. I. u. II. = 1 : 520.

Fig. 31. Netzwerk der Intercellularsubstanz aus dem Astholze von Pinus silvestris. Vergr. 1 : 800.

Fig. 32. I. Theil eines Querschnittes durch Cambium, Holz und Bast von Pinus strobus im Winter mit Jod und Schwefelsäure behandelt. *C* Cambiumzellen, *H* Holz, *B* Bast, *H'* und *B'* die noch zu Holz und Bast übergetretenen unverholzten Zellen, *z* die Zwischenmasse, *i* Intercellularsubstanz, *p* primäre Zellstoffhülle. II. Ein ähnliches, gleich behandeltes Präparat von Carpinus betulus. *mm* Markstrahl; die übrige Bezeichnung wie I. Vergr. I. u. II. = 1 : 800.

Fig. 33. I. Theil eines Querschnittes durch Holz, Cambium und Bast von Pinus strobus zur Zeit der eben begonnenen Vegetation. Es haben sich wenig Holz- und Bastzellen gebildet und die Cambiumzellen sind in der Theilung begriffen. Die Bezeichnung wie bei den vorhergehenden Figuren. Vergr. 1 : 800. II. Theil

eines Querschnittes durch die in vollem Wachsthum begriffene Wurzel von Pinus strobus mit der fortschreitenden Verholzung von Zellstoff und Intercellularsubstanz nach der Behandlung mit Jodlösung und Schwefelsäure; Bezeichnung wie in den vorhergehenden Figuren. Vergr. 1 : 1000.

Fig. 34. I. Theil eines Querschnittes durch das Blatt von Dasylirium serratifolium bei *a* unter Wasser, bei *b* unter Jod und Schwefelsäure beobachtet, *c* Cuticula, *p* älteste Zellstoffschichten, *s* secundäre Cuticularschichten, *t* jüngste Verdickungsschichten, *sp* Spaltöffnung und darunter liegende Luftlücke. II. Ein ähnliches Präparat in Aetzkalilauge erwärmt. Die Cuticula *c c* theilweise gelöst und dadurch deren Volumen bedeutend vergrössert; hier und da sieht man, wie sich die Cuticula als Intercellularsubstanz zwischen die stark aufgeschwollenen Verdickungs- oder Cuticalschichten *s s* hineinzieht, während sie weiter nach Innen schon gelöst erscheint; *t* tertiäre Hüllschicht. III. Aehnliches Präparat nach längerer Einwirkung der Kalilauge, so dass die Cuticula theilweise vollständig gelöst und die Oberhautzellen getrennt erscheinen. IV. Aehnliches Präparat nach kürzerer Behandlung mit Aetzkalilauge in der Wärme unter Chlorzinkjodlösung betrachtet. Die in Auflösung begriffene Cuticula *c c* nimmt eine hell schmutziggelbe Farbe an, während sämmtliche Zellstoffschichten mehr oder minder rein violett werden. Vergr. I. bis IV. = 1 : 536.

Fig. 35. I. Theil eines Querschnittes durch die Oberhaut des Blüthenschaftes von Aloe succatrina mit stark entwickelter Cuticula *c c* und nicht cuticularisirten Verdickungsschichten *s s*. Bei *a* unter Wasser betrachtet, bei *b* nach der Behandlung mit Chlorzinkjodlösung, *sp* Spaltöffnung mit der darunter liegenden Luftlücke. Vergr. 1 : 536. II. Aehnliches Präparat nach der Erwärmung in Aetzkalilauge. Vergr. 1 : 650. III. Desgleichen unter Chlorzinkjodlösung betrachtet. Vergr. 1 : 650. Die durch die Reagentien hervorgerufenen Erscheinungen sind hier ganz dieselben wie in der Fig. 34 III. u. IV.

Tafel VI.

Fig. 36. I. Theil eines Querschnittes durch die Oberhaut eines ganz jungen Schaftes von Allium cepa unter Chlorzinkjodlösung beobachtet, nachdem diese einige Stunden eingewirkt hatte. *c* Cuticula, *i* Intercellularsubstanz, *s* Zellstoffschichten, *z* Primordialzelle mit Kern. Vergr. 1 : 640. II. Ein ähnliches in gleicher Weise behandeltes Präparat von einem etwas älteren Schafte. Die Bezeichnung und Vergrösserung gleich der von I. III. Theil aus dem Längsschnitt eines jungen Laubblattes von Allium porrum unter Chlorzinkjodlösung. Die Cuticula *c* erscheint als dünnes braunes Häutchen, die Intercellularsubstanz bleibt wie oben ungefärbt. Vergr. 1 : 650.

Verholzung der Zellstoffhülle.

Fig. 37. Aus einem Querschnitte des Markes von Hoja carnosa nach der Behandlung mit Jodlösung und Schwefelsäure; bei *a* zwei unverholzte, bei *b* zwei verholzte Parenchymzellen. Vergr. 1 : 536.

Fig. 38. Zellen: *A* aus dem Längsschnitt, *B* aus dem Querschnitt durch den Stiel eines jungen Wedels von Cycas revoluta, welcher längere Zeit der Einwirkung von Jod und Schwefelsäure ausgesetzt war. Die Zellstoffhülle erscheint verholzt, nur die Schliesshäute der Poren färben sich blau. Vergr. 1 : 370.

Fig. 39. Theil eines Querschnittes durch das Sameneiweiss von Phytelephas macrocarpa nach der Behandlung mit Jod und Schwefelsäure, *i* Intercellularsubstanz, *s* secundäre Verdickungsschicht und primäre Zellstoffhülle, *t* tertiäre Hüllschicht, *P* Porencanal, *J* Inhalt. Vergr. 1 : 370.

Fig. 40. Theil eines Querschnittes durch das Bastbündel von Nerium Oleander nach der Behandlung mit Chlorzinkjodlösung. Die Intercellularsubstanz zwischen den Bastzellen ist verschwunden, diese selbst *B* sind violett, die Parenchymzellen mehr blau gefärbt. Vergr. 1 : 800.

Fig. 41. Theil eines Querschnittes durch das Bastbündel von Cytissus Laburnum nach der Behandlung mit Chlorzinkjodlösung. *i* Intercellularsubstanz, *p* und *s* primäre Zellstoffhülle und älteste secundäre Schichten, *s'* jüngere secundäre Schichten, *t* tertiäre Hülle. Vergr. 1 : 800.

Fig. 42. Aus dem Querschnitt durch die stark verdickten Zellen des Holzes von Quercus pedunculata nach der Behandlung mit Chlorzinkjodlösung. *p* Netzwerk der primären Zellstoffhülle und Intercellularsubstanz (die nicht besonders gezeichnet wurde), *s* secundäre gallertartige Verdickungsschichten, *t* tertiäre Hüllschicht. Vergr. 1 : 800.

Oberhautgewebe.

Cuticularmetamorphose.

Oberhautzellen ohne Cuticularschichten.

Fig. 43. I. Querschnitt durch die Oberhaut von Allium officinalis nach der Behandlung mit Jod und Schwefelsäure. *c* Cuticula, *p* primäre Hüllschicht, *s* secundäre Verdickungsschichten, *t* tertiäre Hüllschicht. Vergr. 1 : 420. II. Querschnitt durch die Oberhaut von Rumex acetosa nach der Behandlung mit Chlorzinkjodlösung. Die Cuticularmetamorphose hat sich keilförmig eine Strecke weit in die Intercellularsubstanz fortgesetzt. Bezeichnung wie I. Vergr. 1 : 660.

Oberhautzellen mit Cuticularschichten.

Fig. 44. Erste Modification der Cuticularmetamorphose. I. Querschnitt durch die Oberhaut des Blattes von Helleborus viridis nach der Behandlung mit Jod und Schwefelsäure. *i* Intercellularraum, *x* eigenthümlich kantig vorspringende Partie der primären Zellstoffhülle; sonstige Bezeichnung wie Fig. 43 I. Vergr. 1 : 660. II. Querschnitt durch die Oberhaut des Blattes von Crinum capense nach der Behandlung mit Jod und Schwefelsäure. *c* Cuticula, *Cs* Cuticularschichten, welche die primäre und den älteren Theil der secundären Zellstoffhülle umfassen, *s* nicht cuticularisirte, jüngere secundäre Zellstoffschichten, *t* jüngste, *p* primäre Zellhüllschicht. Vergr. 1 : 670. III. Querschnitt durch die Oberhaut des Stengels von Asparagus officinalis nach der Behandlung mit Chlorzinkjodlösung. Bezeichnung wie in I. Vergr. 1 : 420. IV. Querschnitt durch die Blattoberhaut von Pleurothallus nach der Behandlung mit Jod und Schwefelsäure. *c* Cuticula, *Cs* sämmtliche secundären Hüllschichten umfassende Cuticularschichten, in denen die primäre Wendung nur noch angedeutet erscheint, *pt* jüngste Verdickungsschicht. Vergr. 1 : 670. V. Querschnitt durch die Blattoberhaut von Urostigma elasticum nach der Behandlung mit Jod und Schwefelsäure. Bezeichnung wie in IV. Die jüngste Verdickungsschicht ist durch längere Einwirkung stark aufgequollen. Vergr. 1 : 420. VI. Querschnitt durch die Oberhaut des Blattnerven von Nerium Oleander nach der Behandlung mit Jod und Schwefelsäure. *c* Cuticula; *Cs* Cuticularschichten, welche in zwei Partien 1 und 2 zerfallen, von denen die äussere völlig structurlos erscheint, während man in der inneren, die häufig nur verholzt und nicht verkorkt, die einzelnen Zellen erkennen kann; *t* jüngste Verdickungsschicht. Vergr. 1 : 800.

Fig. 45. Zweite Modification der Cuticularmetamorphose. I. Querschnitt durch die Oberhaut des Blattstieles von Nerium Oleander nach der Behandlung mit Jod und Schwefelsäure. *c* Cuticula; *Cs* Cuticularschichten, von denen die primären und die älteren Schichten 1 der secundären Zellstoffhülle derart verschmolzen sind, dass sie eine structurlose Masse bilden, während in den weniger stark verkorkten jüngeren secundären Schichten 2 die einzelnen Zellentheile noch zu erkennen sind; *t* tertiäre Verdickungsschicht; *p* primäre Zellstoffhülle, die bis in die Mitte der Seitenwand der Metamorphose anheimgefallen ist. Vergr. 1 : 800. II. Querschnitt aus der Oberhaut des Stengels von Ruscus racemosus nach längerer Einwirkung von Jod und Schwefelsäure. Bezeichnung wie in I. Die differenten jüngeren secundären Schichten wiegen bedeutend gegen die älteren vor. Vergr. 1 : 670. II. Querschnitt aus der Oberhaut des Blattes von Gasteria verrucosa nach längerer Einwirkung von

Chlorzinkjodlösung. *c* Cuticula; *Cs* Cuticularschichten, bestehend aus der primären Zellstoffhülle und einem Theile der secundären Verdickungsschichten, von denen die älteren heller gefärbten 1 vollständig cuticularisirt, die jüngeren dunkler gefärbten 2 dagegen nur verholzt erscheinen; *s* nicht metamorphosirte jüngste secundäre Schichten; *t* tertiäre Hülle. Vergr. 1 : 670.

Fig. 46. Dritte Modification der Cuticularmetamorphose. Querschnitt durch die Oberhaut eines jüngeren Internodiums von Viscum album. *c* Cuticula; *Cs* Cuticularschichten, welche hier sämmtliche Hüllschichten der oberen Zellenhälfte umfassen; *p* primäre Zellhülle. Vergr. 1 : 420.

Fig. 47. Vierte Modification der Cuticularmetamorphose. I. Querschnitt durch die Oberhaut von Ephedra distachya nach der Behandlung mit Jod und Schwefelsäure. *c* Cuticula; *p* primäre Zellstoffhülle auf der Grenze der Zellen im ganzen Umfange cuticularisirt, in der äusseren Partie nur angedeutet. *Cs* Cuticularschichten, von denen die jüngeren sich durch hellere Färbung auszeichnenden seitlich mit der sich hier gleich färbenden primären Hülle verschmolzen erscheinen; *t* tertiäre Hüllschicht; *B* unter der Oberhaut liegende, sich violett färbende Bastzellen. II. Querschnitt durch die Oberhaut der oberen Blattseite von Cycas revoluta nach längerer (24stündiger) Einwirkung von Chlorzinklösung. *c* Cuticula; *Cs* Cuticularschichten, von denen die älteren völlig structurlos erscheinen, während bei den jungen, hier nur verholzten, die Zellenstructur angedeutet ist; *s* allseitig entwickelte jüngste secundäre, *t* tertiäre nicht umgewandelte Verdickungsschichten, welche von Porencanälen durchsetzt erscheinen; *p* primäre Zellstoffhülle. III. Ein ähnliches Präparat mit sonst dem obigen gleichen, nur darin abweichendem Verhalten, dass die (hier vollständig verkorkt gewesenen) Cuticularschichten durch eine innerste sich durch hellere Färbung auszeichnende Schicht (3) abgeschlossen werden. IV. Querschnitt durch die Oberhaut der unteren Blattfläche nach 24stündiger Einwirkung von Chlorzinkjodlösung. Bezeichnung wie in III. V. Querschnitt durch die Oberhaut des Wedelstieles ebenso behandelt wie II. bis IV. Das Verhalten schliesst sich dem des Präparates unter II. an. Es sind indessen die starken allseitig abgelagerten jüngeren Verdickungsschichten *s* und *t* schon etwas verholzt, so dass die violette Färbung nur schmutzig und schwach erscheint, so dass wir hier gleichsam eine Uebergangsstufe zu der nächsten Modification haben. VI. Querschnitt aus der Oberhaut eines jungen Internodiums von Chamaedorea gracilis nach längerer Dauer der Einwirkung von Chlorzinkjodlösung. *c* Cuticula; *Cs* Cuticularschichten, die primäre Hülle *p* nebst sämmtlichen, nicht cuticularisirten, sondern verholzten secundären Verdickungsschichten umfassend, von denen die jüngste allseitig entwickelte, sich ebenso wie die primäre Hülle durch hellere Färbung unterscheidet; *t* tertiäre Hüllschicht; *P* Porencanäle. Vergr. I. bis VI = 1 : 800.

Fig. 48. Fünfte Modification der Cuticularmetamorphose. I. Querschnitt durch das Nadelblatt von Pinus silvestris nach längerer Einwirkung von Jod und Schwefelsäure. *c* Cuticula; *Cs* die sämmtliche Hüllschichten umfassenden Cuticularschichten, von denen nur die primäre Zellstoffhülle cuticularisirt ist, die übrigen Schichten aber nur verholzt erscheinen; *P* Porencanäle; *R* nicht umgewandelte Rindenzellen. Vergr. 1 : 800. II. Querschnitt durch die Oberhaut eines älteren Internodiums von Viscum album nach längerer Einwirkung von Jod und Schwefelsäure. *c* Cuticula; *Cs* sämmtliche Hüllschichten umfassende Cuticularschichten; *Co* von der Cuticularmetamorphose ergriffene Collenchymzelle. Vergr. 1 : 420. III. Querschnitt durch die Oberhaut eines älteren Internodiums von Urostigma elasticum nach der Behandlung mit Jod und Schwefelsäure. *c* Cuticula; *Cs* Cuticularschichten, die primäre, secundäre, structurlos gewordene, sowie die tertiäre Zellhülle umfassend; *Co* Collenchymzellenreihe, welche das Korkgewebe von dem Oberhautgewebe scheidet; *K* Korkzellen. Vergr. 1 : 800.

Alphabetisches Sachregister des zweiten Theiles.

A.

B.

N.

O.

P.

Q.

R.

S.

T.

U.

V.

W.

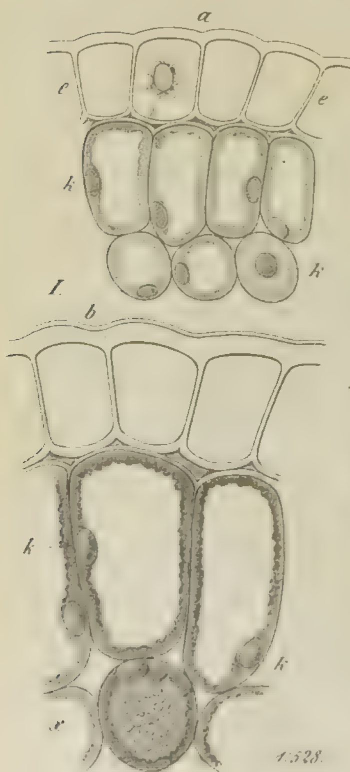
X.

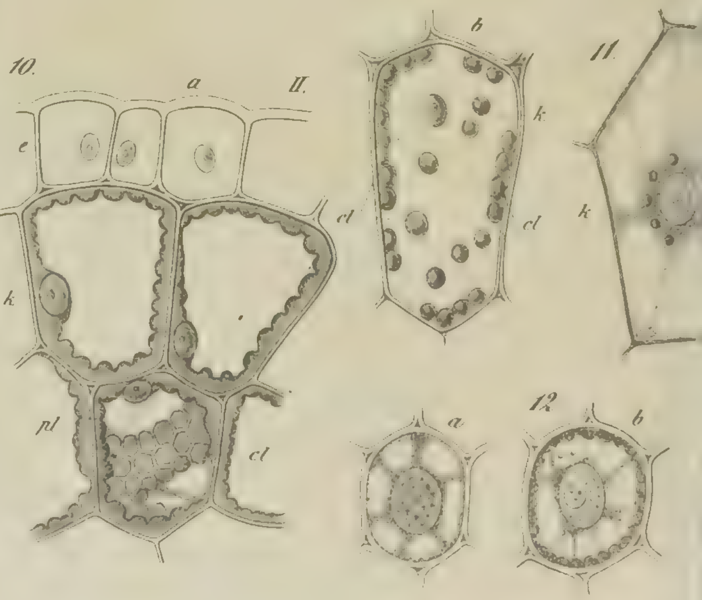
Z.





II.
5.
p
k
1:528.
I.
p
k
cl
6.
cl
k
p
1:800
7.
k





Taf. I.

3. I. c k II. p h 1:670

a 1 n n n b n n III

4. II n c n IV n 1:200

cl p 420

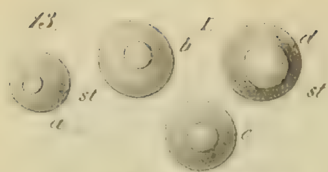
8 k p 1:460

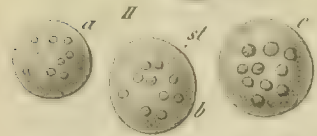
cl. 1:1200 c

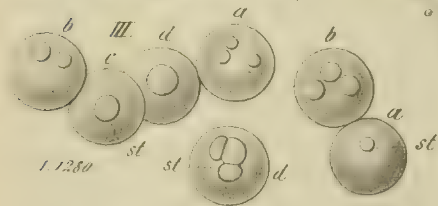
9. a 1 2 b

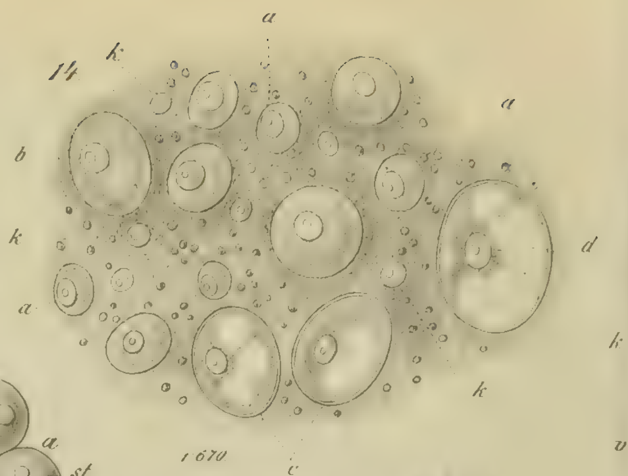
c 1:528 d

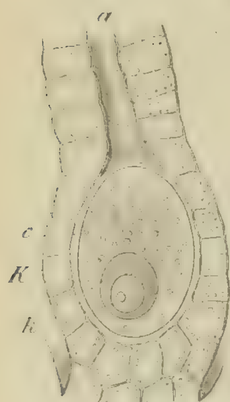
C F Schmidt lith.

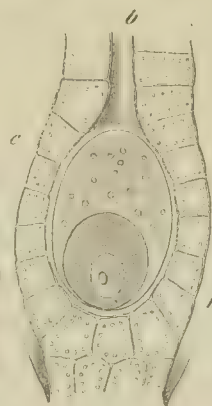

13.
I.
a
b
c
d
st

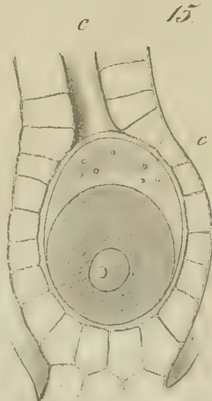

II
a
b
c
st

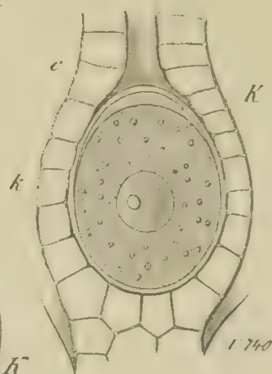

III.
a
b
c
d
st
1:1280

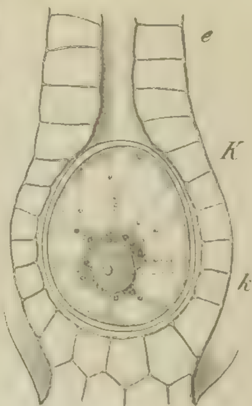

14.
k
a
b
c
d
1:670

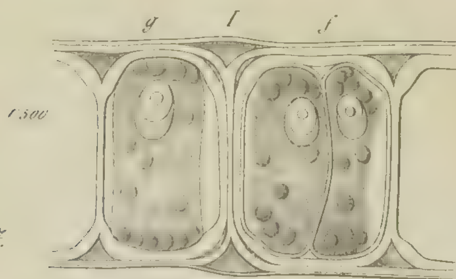

a
c
K
k

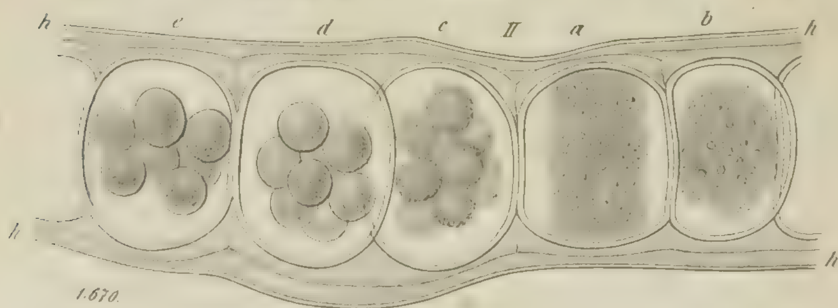

b
c
k


c
15.
K


c
K
k
1:740


e
K
c
k


g
I
f
1:500
17.


h
e
d
c
II
a
b
1:670

Taf. II.

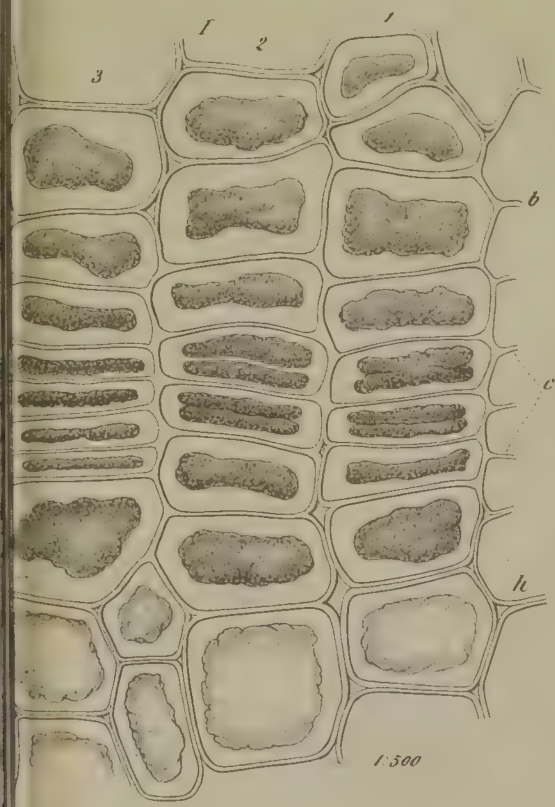
16.

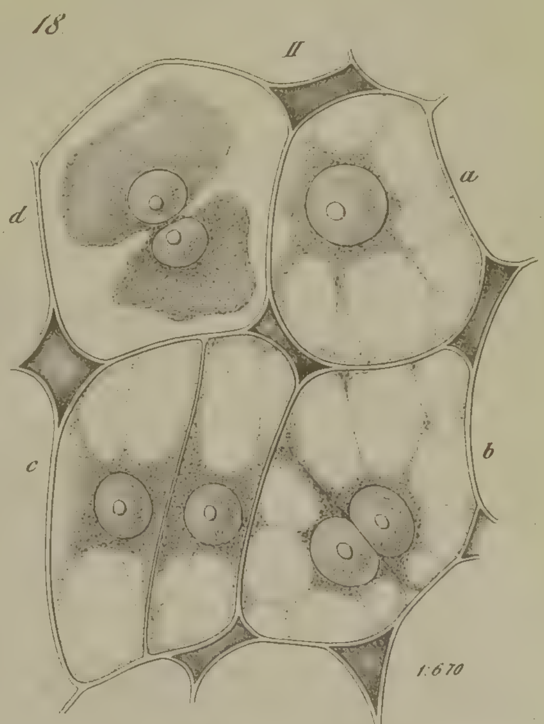
a b c d e g f

k o sp

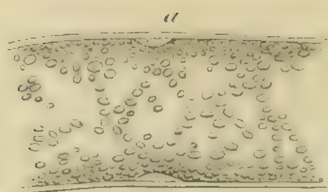
h

1:620

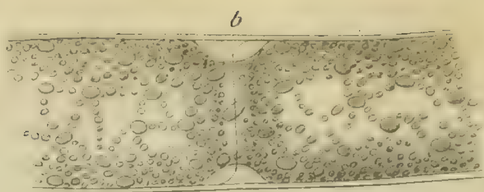


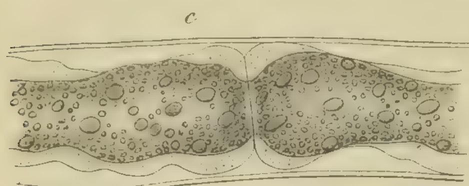


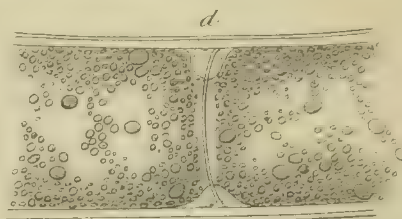
C. F. Schmidt lith.

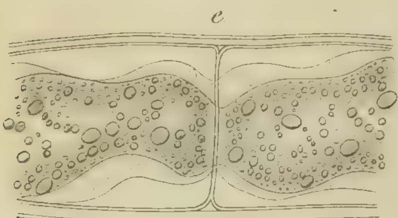


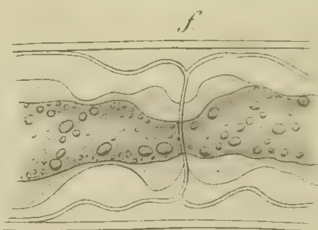
19

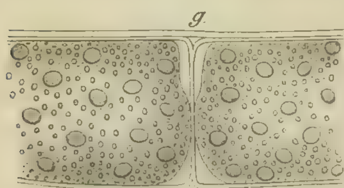


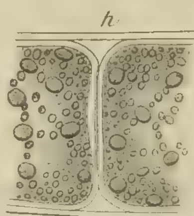




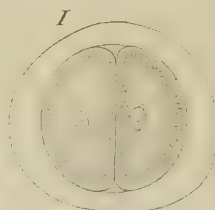


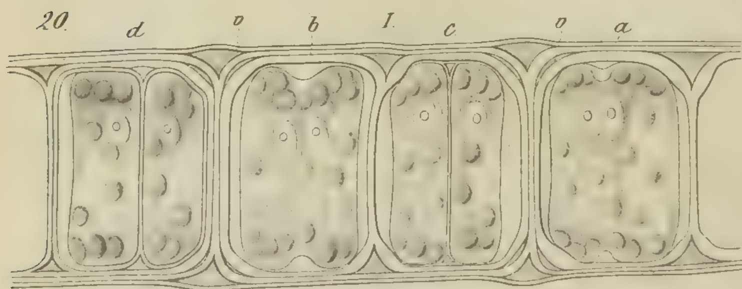


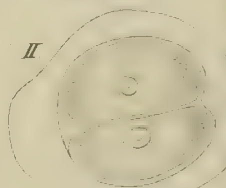




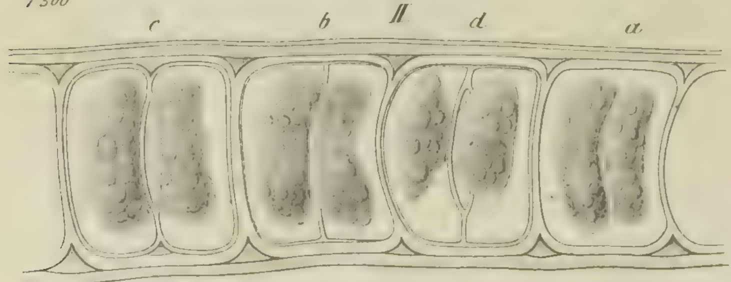
1:400







1:500



22

1:400





21.

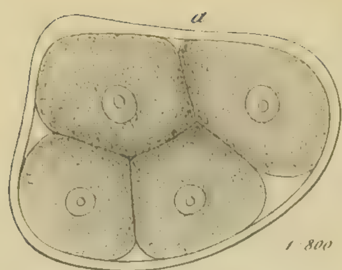
a b c d e f g h

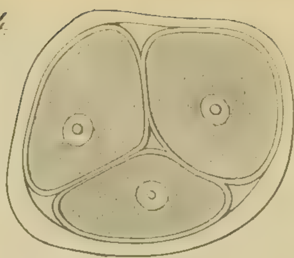
r m k s z' mz tz

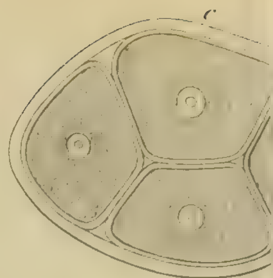
1:670

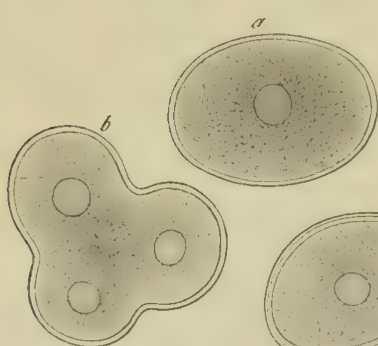


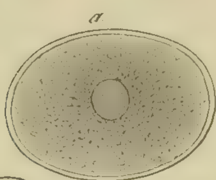
C. F. Schmidt lith.

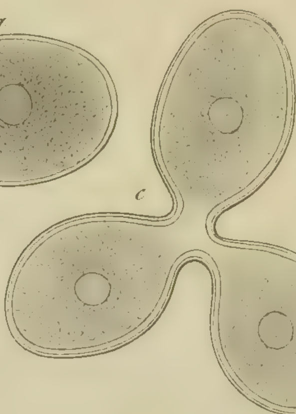


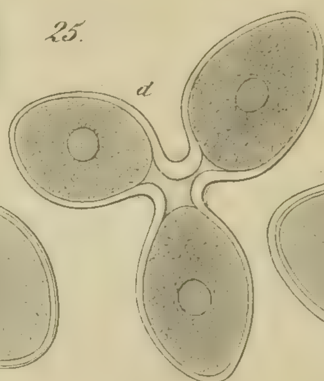


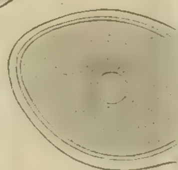


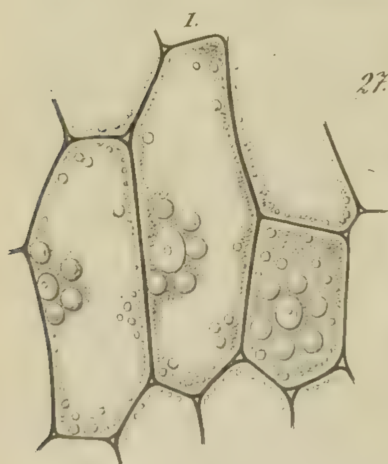


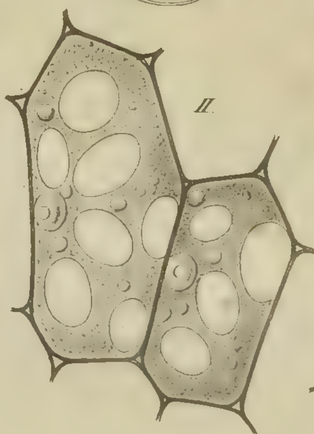




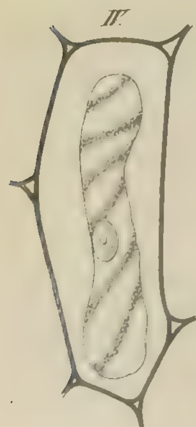




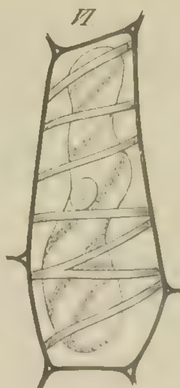










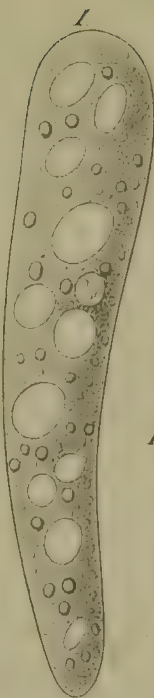




27.

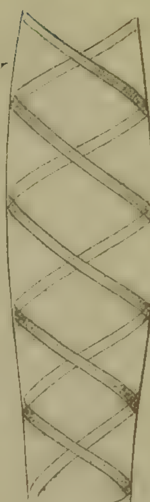
Taf. IV.

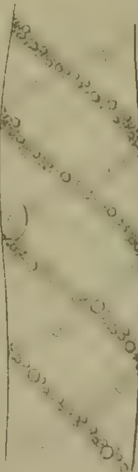
26.









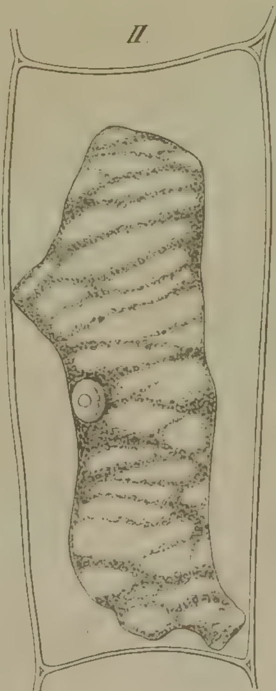






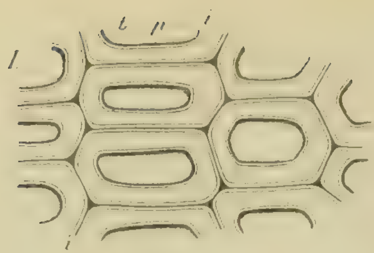
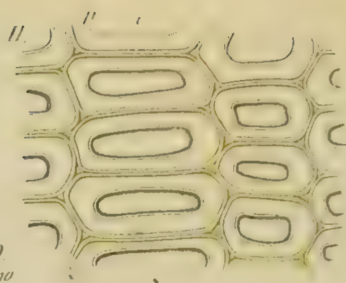
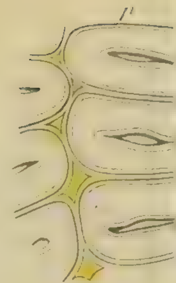
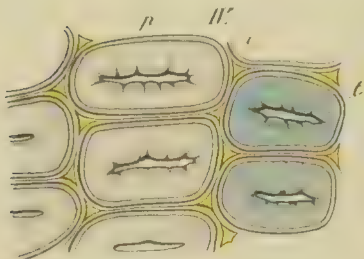
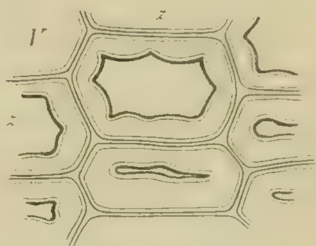
28.

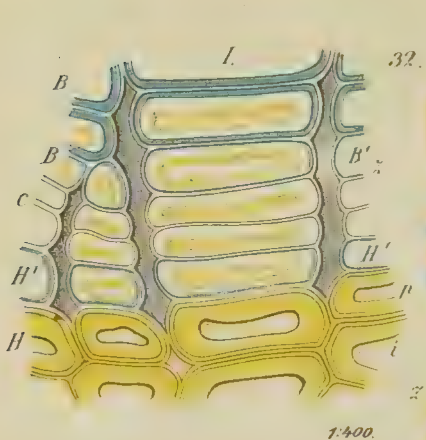
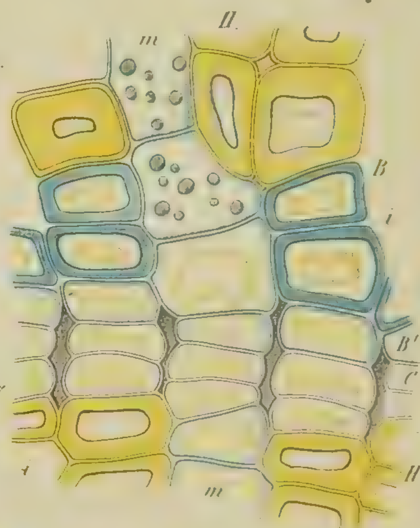
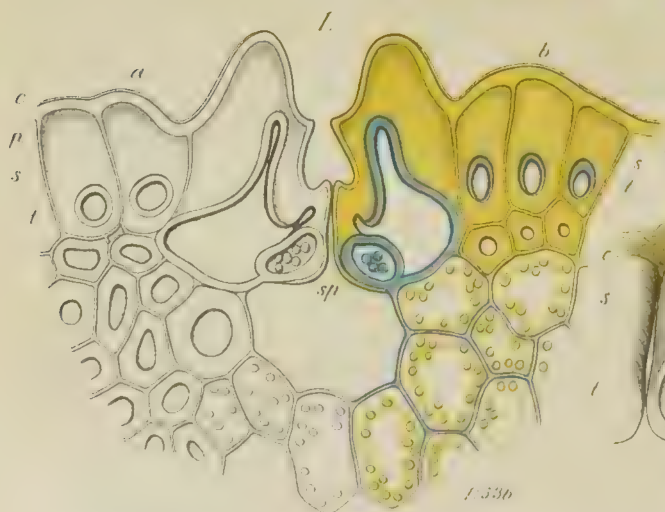






C. F. Schmidt lith.


L. Dippel n. d. N. gez.

Taf V.

III II 30. 1:400 I.

31. 1:400

35. 1:536

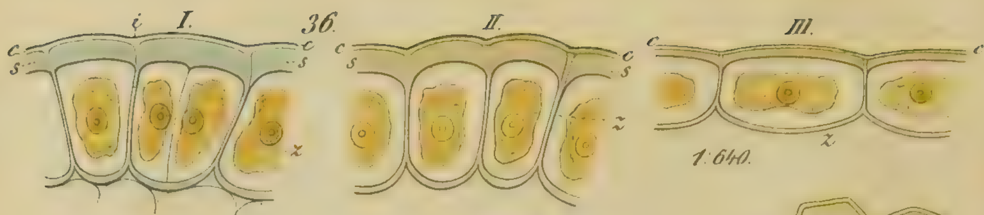
33. 1:670

I. 1:400.

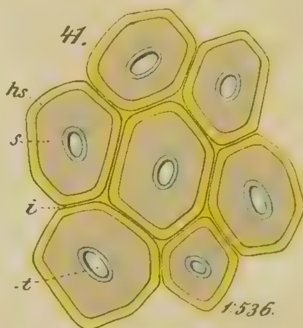
II. 1:536.

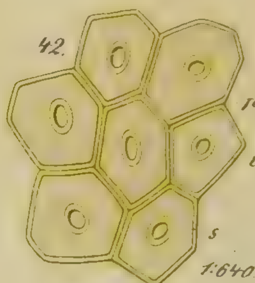
III. 1:536 IV. 1:536 III. 1:536

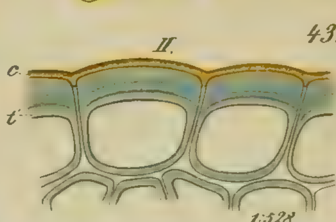
C.F. Schmidt lith.

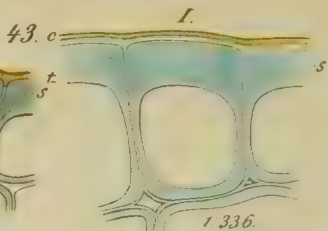


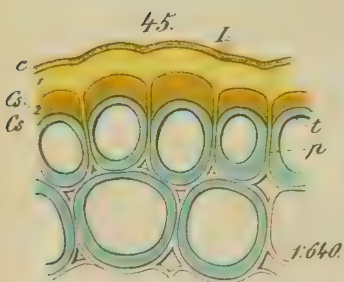


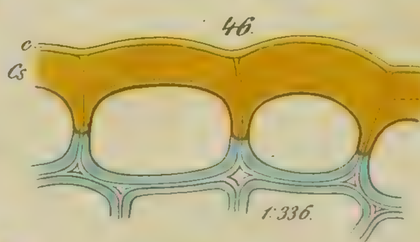


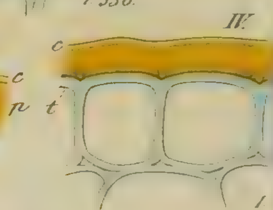


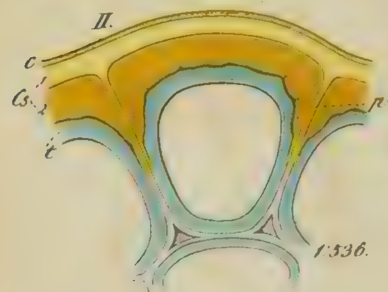


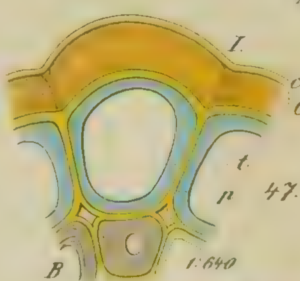


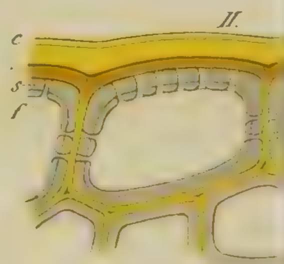


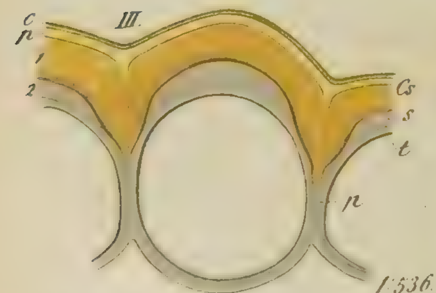


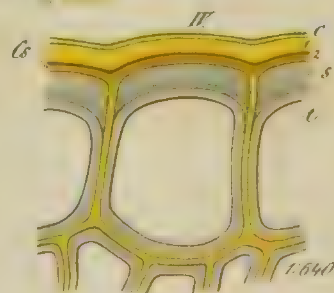


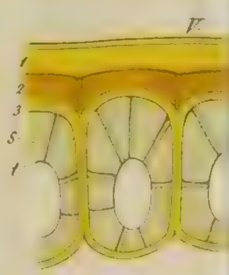




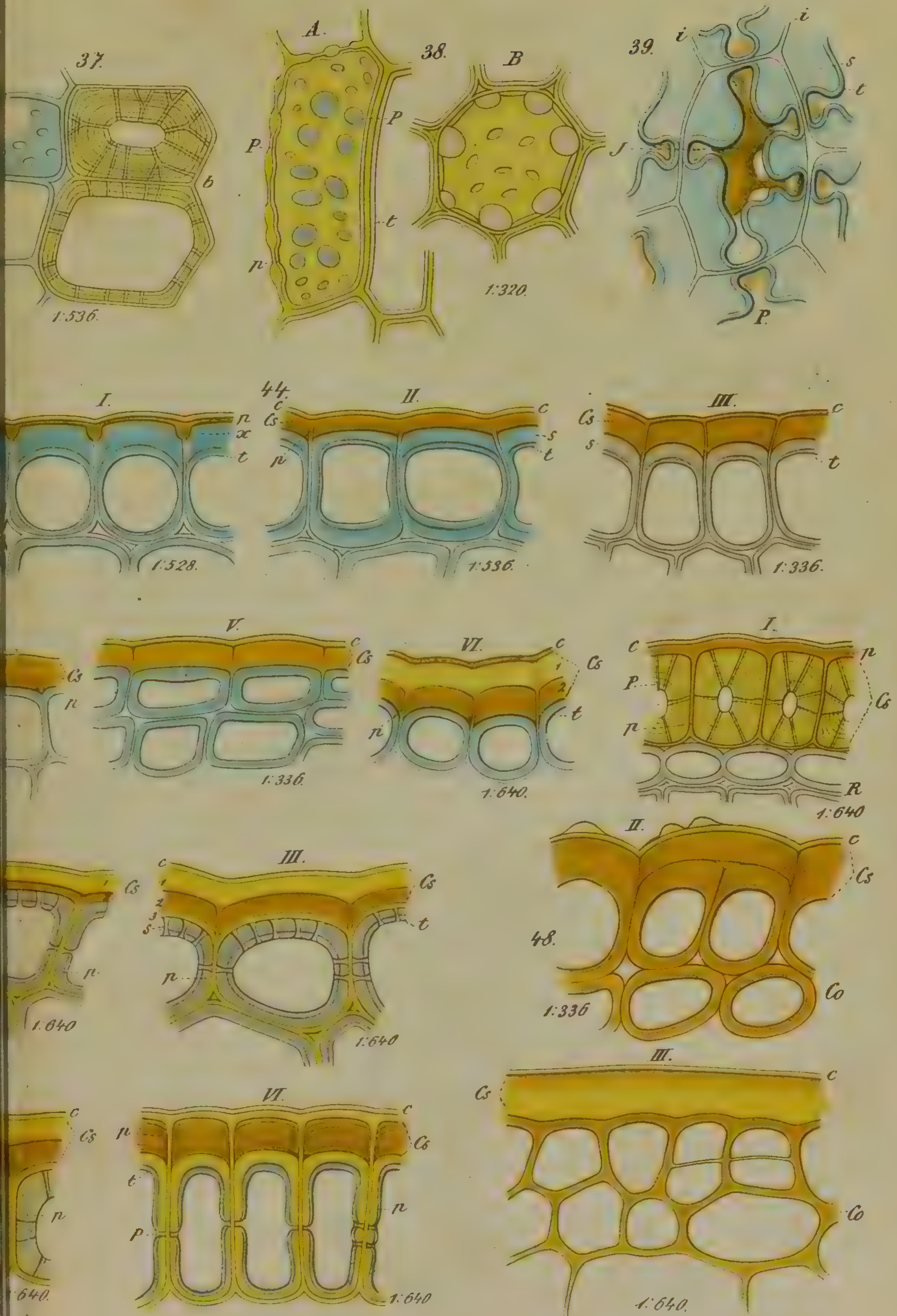








L. Dippel n. d. N. gez.



C. F. Schmidt lith.





